

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»
Отделение геологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Геохимические особенности содержания элементов в депонирующих средах Крайнего Севера

УДК 550.4 (985)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г41	Кудрявцева Мария Геннадьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Осипова Нина Александровна	канд. хим. наук, с.н.с.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Вершкова Елена Михайловна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова Ольга Сергеевна			

По разделу «Результаты и их обсуждение. Геохимическая характеристика почв и мхов Крайнего Севера»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
н.с. ИМКЭС СО РАН	Ляпина Елена Евгеньевна	канд. геол. - мин. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Азарова Светлана Валерьевна	канд. геол. – мин. наук		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Азарова С. В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Г41	Кудрявцевой Марии Геннадьевне

Тема работы:

Геохимические особенности содержания элементов в депонирующих средах Крайнего Севера

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 15.03.2018 г., №1768/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25. 05. 18

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Литературные и фондовые материалы, результаты собственных научных исследований (проб почв и мхов, отобранных на территории островов Немецкий Кузов, Колгуев, Большой Цинковый, Белый и Вайгач).

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>- изучение почв, изучение вещественного состава и геохимических особенностей почв, оценка содержания ртути в пробах почв и мхов исследуемой территории, измерение магнитной восприимчивости, электропроводности, измерение pH почв;</p> <p>- расчет и анализ геохимических показателей (СПЗ, геохимический ряд ассоциаций, коэффициент концентрации); и сопоставление их с известными литературными данными по уровням накопления химических элементов в почвах Крайнего Севера;</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 – элементный состав проб почв исследуемой территории Крайнего Севера</p> <p>2 – содержание ртути в почвах Крайнего Севера</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Вершкова Елена Михайловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Кырмакова Ольга Сергеевна</p>
<p>Результаты и их обсуждение. Геохимическая характеристика почв и мхов Крайнего Севера</p>	<p>Ляпина Елена Евгеньевна</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>25.09.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Осипова Н. А.	канд. хим. наук, с. н. с.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г41	Кудрявцева Мария Геннадьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Г41	Кудрявцевой Марии Геннадьевне

Школа	природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	отделение геологии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемой технике и технологии
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Технико - экономическое обоснование целесообразности внедрения новой техники или технологии выполнения работ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Линейный график выполнения работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет затрат на выполнение научных исследований

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Вершкова Е. М.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г41	Кудрявцева Мария Геннадьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ОСОБЕННОСТЯХ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ДЕПОНИРУЮЩИХ СРЕДАХ
КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Студенту:

Группа	ФИО
2Г41	Кудрявцевой Марии Геннадьевне

Школа	природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	отделение геологии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p>Крайний Север – это часть территории России, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного круга. В ходе исследований проводится аналитическое определение содержания ртути ртутным анализатором РА-915 с пиролизической приставкой ПИРО-915, форм её нахождения, а также измерение кислотности, электропроводности, магнитной восприимчивости, элементного, вещественного и гранулометрического состава в почвах на островах Колгуев, Немецкий Кузов, Большой Цинковый и Белый. Аналогично осуществляется определение содержания ртути во мхах данных островов.</p>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74, ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, ГОСТ Р 12.1.019-2009, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ, Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016), ст.94, ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> 	<p>В данных разделах приводится описание всех опасных и вредных факторов, возникающих при полевых, лабораторных и камеральных работах. Вредные факторы: недостаточная освещенность рабочего помещения; отклонение показателей микроклимата в помещении, тяжесть и напряженность физического труда, и</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>электромагнитное излучение. Опасные факторы: электрический ток и пожарная опасность. Также описываются меры по их возможному предотвращению, а в случае возникновения – ликвидации последствий.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Нет опасности для окружающей среды.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Пожарная и взрывная безопасность. Рассмотрение причин возникновения и предотвращения возникновения пожароопасной ситуации.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Рассматриваются требования СанПиН и РД по организации условий труда</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова О. С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г41	Кудрявцева Мария Геннадьевна		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этнических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 121 с., 37 рис., 19 табл., 90 источников, 5 прил.

Ключевые слова: почвы, вещественный состав, элементный состав, эколого-геохимические показатели, коэффициент концентрации, Кларк концентрации, геохимические ряды, концентрации, повышенные содержания.

Объектом исследования являются почвы и мхи, отобранные на островах Немецкий Кузов, Колгуев, Большой Цинковый, Вайгач и Белый.

Цель работы – изучение содержания и особенностей накопления элементов в почвах и мхах севера Ненецкого автономного округа, Ямало–Ненецкого автономного округа и Республики Карелия.

В процессе исследования проводилось изучение элементного состава проб почв островных территории Крайнего Севера методом инструментального нейтронно-активационного анализа, проведен ситовой анализ, установлено содержание ртути атомно-абсорбционным методом во мхах и почвах, определены формы нахождения ртути в почвах. Были измерены физико – химические характеристики почв, а именно рН, электропроводность водных вытяжек почв, магнитная восприимчивость. Также изучен вещественный состав проб методом электронной и оптической микроскопии.

В результате исследования изучен вещественный и элементный состав проб почв, определены геоэкологические характеристики почв, выявлены геохимические ассоциации химических элементов, определена степень загрязнения территории.

Апробация работы. Результаты выпускной квалификационной работы доложены: на Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Всероссийской конференции им. профессора М.К. Коровина, на IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы географии и геологии» к 100-летию открытия естественного отделения, на XII Сибирском совещании и школе молодых ученых по климато-экологическому мониторингу, IV Всероссийской молодежной научно-практической школе-конференции «Науки о Земле. Современное состояние».

Область применения: геоэкология и геохимия.

Экономическая эффективность/значимость работы установление геохимических особенностей депонирующих сред, способствующих выявлению факторов, загрязняющих территорию Арктики, оценка уровня накопления элементов в почвах Крайнего Севера.

В будущем планируется расширить территорию исследования (увеличение точек отбора проб почв), продолжить геохимические изучение особенностей накопления и распространения элементов в почвах.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»
 Отделение геологии
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.18
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.18	Введение	5
25.02.18	Глава 1. Характеристика расположения районов исследования	5
15.03.18	Глава 2. Обзор ранее проведенных исследований	5
25.03.18	Глава 3. Методы исследования	20
01.04.18	Глава 4. Результаты и их обсуждение. Геохимическая характеристика почв и мхов Крайнего Севера	10
10.04.18	Глава 5. Социальная ответственность при оценке геохимических особенностей почв Крайнего Севера	25
20.04.18	Глава 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение при оценке геохимических особенностей почв Крайнего Севера	10
15.05.18	Выводы	5
25.05.18	Приложения	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Осипова Н. А.	к. х. н., с. н. с.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
экология и природопользование	Азарова С. В.	к. г.-м. н., доцент		

Оглавление

Введение.....	12
1 Характеристика расположения районов исследования.....	15
1.1 Остров Немецкий Кузов.....	15
1.2 Остров Колгуев.....	15
1.3 Остров Большой Цинковый.....	17
1.4 Остров Белый.....	18
1.5 Остров Вайгач.....	20
2 Обзор ранее проведенных исследований.....	22
2.1 Аккумуляция и миграция тяжелых металлов в почвах Арктики.....	22
2.2 Содержание редкоземельных элементов в почвах северных регионов ...	27
2.3 Особенности накопления ртути почвами и растениями Крайнего Севера	29
3 Методы исследования.....	40
3.1 Отбор проб и пробоподготовка.....	40
3.2 Методы анализов.....	40
3.3 Методика обработки результатов.....	49
5 Техничко – экономическое обоснование продолжительности работ по объекту и объемы проектируемых работ.....	51
6 Социальная ответственность при геохимических особенностях содержания элементов в депонирующих средах Крайнего Севера.....	65
Выводы.....	79
Список публикаций студента.....	81
Список использованных источников литературы.....	82
Приложения А (обязательное).....	93
Карта – схема расположения островов Крайнего Севера с промышленными предприятиями.....	93
Приложения Б (рекомендуемое).....	94
Почвенная карта России.....	94
Приложения В (рекомендуемое).....	95
Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг в поверхностном слое почв Арктики.....	95
Приложения Г (рекомендуемое).....	97
Коэффициент концентрации (K _c) и суммарный показатель загрязнения (Z _c)	97

Приложения Д (рекомендуемое)	98
Среднее содержание ртути в органогенных горизонтах почв Республики Коми (P = 0,95)	98

Введение

Международный Арктический форум (Архангельск, март 2017 г.) и участие в нем далеко не арктических стран (Индия, Китай, Япония, и др.) продемонстрировал всему миру важность проблемы социально-эколого-экономического развития этой территории. Уникальное географическое положение этой территории делает ее уязвимой для загрязнения компонентов всех природных сред. По мнению специальной рабочей группы Арктического совета по мониторингу и оценке окружающей среды, оттаивание арктической вечной мерзлоты может породить новую волну загрязнения ртутью вдобавок к уже имеющимся очагам загрязнения на ряде территорий региона. Выявление всех аномальных содержаний ртути в компонентах природных сред Арктического региона поможет осознать масштаб и серьезность проблемы [2].

Тяжелые металлы поступают в окружающую среду в результате естественных и антропогенно-обусловленных процессов, протекающих как на поверхности Земли, так и в ее недрах. Выветривание пород, вулканическая деятельность, деструкция растительности принадлежат естественным процессам; сжигание различного вида топлив, добыча полезных ископаемых, промышленное производство, то есть процессы, связанные с хозяйственной деятельностью человека – к антропогенным. Природные источники менее значимы в Арктике, чем антропогенные. Традиционная экономика местных народов Севера была и остается основанной на использовании возобновляемых ресурсов, таких как олени пастбища, области охоты и рыболовства и т.д. Однако основой экономического развития региона все более становится промышленное использование невозобновляемых ресурсов – нефти, газа, угля, строительных материалов, редких и драгоценных металлов и др. Поэтому Арктический регион, и особенно арктическая прибрежная зона, пребывает под прогрессирующим антропогенным воздействием местных

промышленных центров, а также меняющихся путей переноса загрязняющих веществ арктических рек. Чаще всего, эмиссией кислотообразующих веществ сопровождаются выбросы теплоэнергетических и металлургических производств, которые распространяются на большие территории и могут оказывать опосредованное влияние на водные системы путем кислотного выщелачивания лабильных элементов (в особенности Al, Cd, Zn и других) из слагающих пород [24].

Почва - важнейший компонент всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом, через почвенный покров Земли идут многочисленные экологические связи всех живущих на земле и в земле организмов (в том числе и человека) с географическими оболочками. Она является долговременной депонирующей средой, поэтому почва удобна и информативна для экологических и геоэкологических исследований.

Мхи — низкорослые, многолетние растения, высотой от 1 мм до 60 см. Распространены эти растения повсеместно, они неприхотливы и устойчивы к любому климату. Мхи имеют смешанное почвенное и атмосферное питание. Поэтому в результате исследования мхов можно установить степень интегрального накопления тяжелых металлов в экосистеме.

Именно поэтому целью данной работы стало исследование почв и мхов Крайнего Севера, выявление их особенностей в зависимости от физико – технических характеристик, геоэкологических показателей.

Задачи:

- анализ литературных источников и ранее проведенных исследований на исследуемой территории;
- определить уровни содержания элементов в почвах Крайнего Севера методом инструментального нейтронно-активационного анализа;
- определить уровни содержания ртути в почвах и мхах, формы

нахождения ртути и особенности накопления ртути в зависимости от физико-технических характеристик, гранулометрического состава, рН почв;

- рассчитать эколого – геохимические показатели содержания компонентов в природных средах островов Крайнего Севера;

Новизна работы заключается в определении содержания химических элементов (28 элементов) в почвах островов Крайнего Севера с использованием современных инструментальных методов анализа и статистической обработки и сравнение их с ранее проведенными исследованиями; выявление геохимических ассоциаций химических элементов в почвах исследованных территорий в условиях роста антропогенного воздействия.

Личный вклад автора. Работа полностью выполнена автором и заключается в подготовке проб почв к анализам, исследованиях вещественного состава и физико – химических характеристик проб почв, проведении атомно - абсорбционного анализа, статистической обработки материала и обсуждении результатов.

1 Характеристика расположения районов исследования

1.1 Остров Немецкий Кузов

Остров Немецкий Кузов – остров в Белом море, в составе Кемских шхер, к востоку от города Кемь, западнее Соловецких островов (Приложение А). Остров входит в состав Республики Карелия. Рекреационная деятельность, то есть организация мест отдыха, стоянки туристических групп, установка палаток, разведение костров, допускается только на территории острова Немецкий Кузов, и только в пределах специально предусмотренных для этого мест и вне территорий зон охраны объектов культурного наследия. Зима снежная, прохладная, но обычно без сильных морозов, если морозы наступают, то только на несколько дней. Лето непродолжительное и тёплое, с большим количеством осадков. Находится рядом с Петрозаводской ТЭЦ. Почвенный покров неоднороден, представлен подзолистыми и торфяными почвами (Приложение Б). В целом почвы мало пригодны к ведению сельского хозяйства ввиду высокой кислотности и каменистости. Большой урон экосистеме Белого моря наносит горнодобывающая промышленность. Вода загрязняется медью и никелем, свинцом и хромом, цинком и другими соединениями. Многие моря планеты страдают от загрязнения воды нефтепродуктами, в том числе и Белое. Поскольку нефть добывают в шельфе моря, не обходится без утечек. Она покрывает водную поверхность масляной пленкой, не пропускающей кислород [36].

1.2 Остров Колгуев

Остров Колгуев – остров, расположенный в Северном Ледовитом океане на востоке Баренцева моря. Его площадь – 3495,5 км². Входит в состав Ненецкого автономного округа России. Расстояние до континента – 80 км, отделяется от него Поморским проливом. Расположен к востоку от Канинского полуострова. Он омывается Баренцевым морем, восточный берег – Печорским морем. Колгуев представляет собой зону тундры со

слегка холмистым рельефом, самая возвышенная точка имеет превышение не более 80 м над уровнем моря. Территория сильно заболочена, имеется много ручьев, рек и озёр. Самым крупным является озеро Песчаное, рядом с которым с 1986 года разрабатывается Песчаноозёрское нефтяное месторождение. В 60 км от места добычи находятся два посёлка: Бугрино, где проживают около 400 человек и который является административным центром муниципального образования Колгуевский сельсовет, и Северный, который представляет собой метеорологическую базу. Остров Колгуев располагается примерно в 200 км к северо-западу от города Нарьян-Мар, административного центра Ненецкого автономного округа. В 2005 года образовано муниципальное образование Колгуевский сельсовет, единственным населённым пунктом которого является посёлок Бугрино. На острове субарктический, очень сырой климат, при котором минимальные температуры достигают -45°C , а максимальные $+30^{\circ}\text{C}$. Долгота дня колеблется от 3-5 часов в декабре до 18-22 часов в июне. Остров постоянно подвергается действию ветров, юго-западного зимой (с января по май) и северо-восточного в остальное время года. Среднегодовое количество осадков равно 344 мм. Тундра представлена, прежде всего, кустарниками и травами. Кустарниковый страт состоит из берёзы карликовой (*Betula nana*), которая имеет широкое распространение, а также нескольких видов ивы. Тундра является высокочувствительной средой. В зависимости от типа почвы, значительное нарушение растительного покрова восстанавливается на 90% только через 3-5 лет для трав и мхов и только лишь на 20% для кустарников. Обнажённые почвы очень чувствительны к эрозии, вызываемой ветром и осадками.

«АрктикНефть» является, наряду с открытым акционерным обществом «Арктикморнефтегазразведка», специализирующимся на разведке месторождений нефти, единственным континентальным предприятием, получившим лицензию на ведение работ на острове.

Исследование острова началось в 1980 году. В 1983 году было открыто Песчаноозёрское нефтяное месторождение. «АрктикНефть» ведёт все операции по разведке, бурению, добыче, хранению и транспортировке сырой нефти. Месторождения на острове отличного качества, с очень низким содержанием серы. Эксплуатируется 52 скважины, которые дают около 100000 тонн нефти в год. Транспортировка сырой нефти на острове между различными участками добычи, переработки и хранения осуществляется по нефтепроводу. Вывоз производится морским путём летом и осенью: танкеры вместимостью в среднем 30 000 тонн загружаются прямо в море, в 5000 метров от побережья при помощи плавучего нефтепровода (дюкера). Вся нефть экспортируется в Роттердам [41].

1.3 Остров Большой Цинковый

Остров Большой Цинковый – остров, находящийся на бухте Лямчина, расположенный в 5 км севернее от Вайгача. Климат повсеместно субарктический, на побережье переходящий в умеренно морской. Ненецкий округ подвержен систематическому вторжению атлантических и арктических воздушных масс. Частая смена воздушных масс - причина постоянной изменчивости погоды. Зимой и осенью преобладают ветра с южной составляющей, а летом - северные и северо-восточные, по причине вторжения холодного арктического воздуха на нагретый материк, где атмосферное давление в это время понижено. Негативное воздействие на окружающую среду оказали ядерные испытания на Новой Земле, начатые в 1955 году и проводившиеся вплоть до 1990-х годов. В силу уязвимости природных экосистем, последствия хозяйственной деятельности на Крайнем севере носят, обыкновенно, разрушительный характер. Одним из центров экологического неблагополучия является река Печора и её бассейн. Загрязнение реки и её притоков началось в середине 1960-х гг. Ухтинский нефтеперерабатывающий завод сбрасывал в сутки более 20 тыс. м³ сточных вод в притоки Печоры Ижму и Ухту. Сильно загрязнёнными

нефтепродуктами оказались и другие притоки Печоры: Ярега, Вой-Вож, Нибель. В результате аварии на нефтепроводе Возей - Усинск в 1994 году, разлив сырой нефти составил более 14 тыс. тонн. Значительная часть этой массы попала в реку Колву, а из неё в Усу и Печору. Загрязняющие вещества, попадающие в водоём, в условиях речной системы сносятся вниз по течению и накапливаются в застойных зонах и устьевой части Печоры. Поэтому самые высокие концентрации нефтепродуктов и тяжёлых металлов аккумулируются в Коровинской губе и Голодной Губе. 20 апреля 2012 года на месторождении имени Требса произошла авария, нанёсшая существенный ущерб окружающей среде: свыше суток продолжалось фонтанирование нефти из расконсервированной разведочной скважины, что привело к масштабному загрязнению территории. В 1980 году на скважине Кумжа-9 произошёл выброс газа во время бурения, после чего начался пожар. В мае 1981 года на месторождении на глубине порядка 1,5 тыс. м был взорван ядерный заряд с целью сдвига геологических пластов, но аварию ликвидировать не удалось, месторождение было законсервировано [8].

1.4 Остров Белый

Остров Белый - находится в Карском море, отделён проливом Малыгина от полуострова Ямал. Входит в Ямало-Ненецкий автономный округ. Постоянного населения нет, с 1933 года существует полярная метеостанция имени М.В. Попова. Площадь 1900 км², высота до 12 м. Поверхность покрыта тундровой растительностью. На острове много термокарстовых озёр. От Ямальского полуострова отделен проливом Малыгина, ширина которого в самом узком месте 9 км. Поверхность равнинная, постепенно спускающаяся к югу. Северное и восточное побережье низкое, песчаное, на западном и южном берегу местами встречаются обрывы до 6 м высотой. Климат определяется наличием многолетней мерзлоты, близостью холодного Карского моря, обилием

заливов, рек, болот и озёр. В целом для острова характерна длительная зима (до 8 мес.), короткое лето, сильные ветры, небольшая величина снежного покрова. Среднегодовая температура воздуха округа отрицательная. Часты магнитные бури, сопровождаемые полярным сиянием. Почвенно-растительный покров Ямала отличают две основные особенности - классически выраженная зональность и высокая степень переувлажнения почвенного профиля. Для формирования полноценной почвы, особенно в суровых условиях севера, нужны многие сотни лет. Поэтому почвенный покров здесь требует особо бережного к себе отношения. Приблизительно 20% запасов природного газа в России сосредоточено на Ямале. На полуострове и прилегающих акваториях открыто 11 газовых и 15 нефтегазоконденсатных месторождений, разведанные и предварительно оценённые запасы газа которых составляют порядка 16 трлн. м³, перспективные и прогнозные ресурсы газа - около 22 трлн. м³. Запасы конденсата оцениваются в 230,7 млн. тонн, нефти - в 291,8 млн. тонн. Большинство запасов природного газа сосредоточено в пяти уникальных (запасы >500 млрд м³) месторождениях: Бованенковском, Харасавэйском, Южно-Тамбейском, Крузенштерновском и Северо-Тамбейском. Разведано также 13 крупных месторождений (запасы 30-500 млрд м³), три средних (10-30 млрд м³) и пять мелких (<10 млрд м³). Несмотря на 700 глубоких поисковых и разведочных скважин, геологическая изученность полуострова остается низкой, в среднем 1 скважина приходится на 305 км² территории, что на порядок ниже южных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Это позволяет надеяться на значительный прирост разведанных запасов углеводородов, а также открытие новых месторождений на шельфе. Отличие газовых месторождений Ямала в большой глубине залегания по сравнению с уже освоенными месторождениями, а также химическим составом газа. В глубокозалегающих газоносных пластах содержится так называемый «жирный» газ с высоким содержанием пропана, бутана и

пентана, имеющих большую ценность, чем основные составляющие природного газа - метан и этан. В частности, пропан-бутановая смесь является экологически чистым моторным топливом, которое может храниться в сжиженном виде в широком диапазоне температур. Однако «жирный» газ не может транспортироваться по газопроводам без сложной предварительной подготовки, в ходе которой получается «сухой» газ, состоящий почти исключительно из метана и этана. Остальные компоненты выделяются в отдельную фракцию и транспортируются в сжиженном состоянии в цистернах или танкерах, либо сжигаются в факелах [40].

1.5 Остров Вайгач

Вайгач - остров на границе Баренцева и Карского морей, административно относится к Ненецкому автономному округу Архангельской области России. От континента отделяется проливом Югорский Шар, а от Новой Земли проливом Карские Ворота. Имеет площадь - 3400 км². Территория острова равнинная, с двумя параллельными грядами, наивысшей высотой до 157 м (гора Болванская). Сложен глинистыми сланцами, песчаниками и известняками. На территории острова тундровая растительность, имеется много озёр и болот.

На острове есть посёлок Варнек, на котором сохранилось несколько ненецких святилищ, деревянный семиликий идол крестообразной формы в западной части острова, стоянки каменного века (р. Воронова, оз. Янгото, г. Силянгопорней и др.). Территория острова входит в состав заказника Вайгач.

Из растений наиболее распространены мхи и лишайники. В южных районах острова, произрастают сосудистые растения, большинство из которых низкорослые или стелющиеся. Распространены карликовые березы и низкие однолетние травы. В озёрах и реках острова преобладают арктический голец и нельма. Довольно часто на острове встречаются песцы и северные олени, изредка - белые медведи. На побережье имеются

огромные колонии тюленей, моржей и морских зайцев. В прибрежных водах часто появляются синие киты и киты-горбачи. На северном побережье острова имеется множество птичьих базаров. Много птиц гнездится в каньоне реки Юнаяха.

В 1950 году на острове на мысе Болванский Нос была открыта метеорологическая полярная станция МГ-2 имени Е. К. Фёдорова. В декабре 2009 года произошла авария системы отопления, станция законсервирована, персонал экстренно эвакуирован. В 2012 году станцию расконсервировали, в настоящее время она работает в обычном режиме [5].

В данном разделе приведены физико-географические, а также естественные геохимические особенности рассматриваемой территории.

2 Обзор ранее проведенных исследований

2.1 Аккумуляция и миграция тяжелых металлов в почвах Арктики

Тяжелые металлы поступают в атмосферу и водные объекты в результате естественных и антропогенно-обусловленных процессов, протекающих как на поверхности Земли, так и в ее недрах. Традиционная экономика местных народов Севера была и остается основанной на использовании возобновляемых ресурсов, таких как олени пастбища, области охоты и рыболовства и т.д. Однако основой экономического развития региона все более становится промышленное использование невозобновляемых ресурсов – нефти, газа, угля, строительных материалов, редких и драгоценных металлов и др. Поэтому Арктический регион, и особенно арктическая прибрежная зона, пребывает под усиливающимся антропогенным воздействием. Как правило, выбросы металлургических и теплоэнергетических производств вызывают эмиссию кислотообразующих веществ, которые распространяются на большие территории и могут оказывать опосредованное влияние на водные системы путем кислотного выщелачивания лабильных элементов (в особенности Al, Cd, Zn и других) из слагающих пород [24].

Как известно, природа Арктики является чрезвычайно уязвимой к действию загрязняющих веществ в силу низкого уровня масс- и энергообменов, замедленных процессов самоочищения, небольшим пищевым цепям, способствующим быстрому перемещению токсикантов к конечным потребителям. В связи со сказанным проблема защиты Арктики от негативных воздействий становится приоритетной, как минимум, для тех стран, которые относятся к числу арктических.

Исследования глобальной эмиссии тяжелых металлов из основных антропогенных источников в атмосферу были выполнены Nriagu and Расуна (1988) [64] и повторены позже Расуна (2002) [65]. Согласно этим данным почти все промышленные производства, а также сжигание топлива,

транспорт и другие виды деятельности человека приводят к антропогенному рассеиванию элементов в окружающей среде. В то же время, хорошо прослеживается, что наибольший вклад вносят все виды сжигания топлива (386216 т/год), автотранспорт (88739 т/год), цветная металлургия (88629 т/год), черная металлургия (6592 т/год), производство цемента (4826 т/год).

В работе Данилов А.И. и др. (2008) приведены данные по выбросам загрязняющих веществ в России и по субъектам Арктической зоны РФ, на основе которых можно косвенно судить об антропогенной нагрузке в Арктических регионах, включая тяжелые металлы, от местных промышленных предприятий и автотранспорта. В Арктической зоне РФ самые крупные источники выбросов тяжелых металлов расположены в Норильском промышленном районе, Мурманской и Архангельской областях, где сосредоточены крупнейшие предприятия цветной металлургии, горнодобывающие, горно-обогатительные и электроэнергетические объекты [24].

Наряду с этим в Арктической зоне РФ расположены мощные локальные комплексы цветной металлургии, образующие источник эмиссии Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Cr, Hg и др. – это открытое акционерное общество «Кольская горно-металлургическая компания», включающая комбинаты «Печенганикель» и «Североникель» (г. Мончегорск, г. Никель), а также Норильский комбинат. Результаты химического анализа свидетельствуют о высоких концентрациях загрязняющих веществ, в первую очередь высокотоксичных халькофильных элементов в составе пылевых выбросов комбинатов цветной металлургии. Среди перечисленных тяжелых металлов в этих районах наиболее значимо загрязнение никелем и медью [24].

Характер атмосферной циркуляции в арктических районах обеспечивает дальний перенос в арктическую атмосферу антропогенных

загрязняющих веществ из средних широт преимущественно в зимний период. Основная масса загрязняющих веществ поступает от источников эмиссии Евразии.

Антропогенные источники ртути в своем большинстве сосредоточены в средних широтах Северного полушария. В Арктической зоне РФ ртуть поступает в атмосферу от тех же предприятий энергетики, металлургии, переработки мусора, расположенных на Кольском п-ове, в Архангельской области, на севере Коми и Красноярского края, что и аэрозоли тяжелых металлов. Промышленными источниками ртуть выбрасывается в атмосферу в газообразной форме и в виде аэрозолей. Газообразная ртуть составляет 95% атмосферной ртути и содержит около 80% элементарной и около 20% окисленной ртути [24]. Дальний перенос - это основной механизм загрязнения окружающей среды ртутью сильно удаленных регионов, к которым относится Арктика.

Почвы города Архангельска наиболее загрязнены валовыми формами тяжелых металлов, такими как Pb, Cu и Zn, что возможно сопряженно с типом подстилающих грунтов. Почвы Архангельска высоко обеспечены подвижными формами Cu и Zn, но испытывают дефицит запасов Co, Ni и Mn. Накопление тяжелых металлов в растениях города происходит интенсивнее, чем в естественных условиях, и увеличивается в ряду $Fe < Ni < Co < Pb < Cu < Zn$ [11].

Анализ экспериментальных данных по валовому содержанию тяжелых металлов (Приложение В) позволил оценить степень загрязнения почв арктической и субарктической зоны Архангельской области и показал наличие полиметаллического загрязнения. Исследованные почвы в общей сложности не загрязнены Pb, Mn и V. Выявлено превышение ПДК для Pb в 3,4 раза в почвах о. Сосновец, что характерно для низкого уровня загрязнения. Зафиксировано в почвах мыса Желания валовое содержание V - 1,1 ПДК, что аналогично характеризует низкий уровень загрязнения. Не

зафиксировано превышений установленных нормативов по Mn, Zn, Cu, Ni, As можно отнести к основным загрязнителям исследуемой территории. Отмечены превышения в арктических почвах типа аллювиальные луговые кислые (мыс Зимнегорский) для ОДК по Zn, при этом максимальная из наблюдаемых концентраций составила 2,3 ОДК (мыс Зимнегорский). Кроме этого, 58,3% отобранных почв слабо загрязнены Cu, 66,7% - Ni, 91,7% - As. При этом максимальные концентрации данных металлов составили 1,8 ОДК (о. Сосновец), 3,1 ОДК (о. Кузова) и 4,8 ОДК (мыс Зимнегорский) соответственно. В то же время в почвах о. Сосновец имеются превышения ОДК Zn в 10 раз и ОДК As в 14 раз, что характерно для среднего уровня загрязнения. В пробах почв м. Канин Нос и о. Сосновец обнаружены превышения ПДК Co в 2 раза. В остальных почвах превышений относительно ПДК для Co не обнаружено. Были рассчитаны коэффициенты концентрации (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc) для более полной оценки экологического состояния почвенного покрова (Приложение Г). Происходит накопление почвами арктической и приарктической зон тяжелых металлов в результате техногенно-антропогенного воздействия. На это указывают рассчитанные коэффициенты концентраций, значения которых для большинства тяжелых металлов больше 1. В целом для исследуемой территории ряд накопления тяжелых металлов в почвах выглядит следующим образом: Co>Pb>Cu>Zn>As>Ni>V>Mn. На основе этих коэффициентов был рассчитан суммарный показатель загрязнения Zc, нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730-99 и широко используемый в качестве интегрального показателя, отражающего общий вклад тяжелых металлов в загрязнение почвенного покрова. Согласно этому показателю, исследуемые почвы имеют допустимый уровень загрязнения тяжелых металлов по их валовому содержанию (Zc менее 16) [11].

Оценка загрязнения почв полуострова Ямал и острова Белый

показала наличие загрязнения As (как правило, по всему профилю), медью и никелем (отдельные слои). Уровень загрязнения не превышает второй с качественной характеристикой низкой, кратность превышения ПДК не более 2,5 [55].

По результатам анализов санитарно – гигиенической оценки состояния почвенного покрова территории г. Якутска установлено, что на территории города сохраняются высокие концентрации подвижных форм Cu, Pb, Cr, Zn и Ni. Наибольшие превышения норм ПДК для подвижных форм наблюдается по свинцу до 59, Zn – до 20, Cu – до 10, Ni – до 2 раз ПДК [49].

Естественное содержание макро- и микроэлементов в почвах Западного Таймыра варьирует в весьма широких пределах и заметно отличается от их количества и аналогичных почвах других регионов. Так, средняя концентрация Ba, Be, Cu, Mn, Nb, Ni, Pb, Sr, V, Zn в почвах таймырской тундры заметно выше, чем в тундровых почвах полуострова Ямал и Тазовский, междуречья рек Цур и Таз [53].

Для основных, наиболее широко распространенных почв в бассейнах рек Худая и Черная, относящихся к бассейну Баренцева моря – подбуров, глееземов, торфяно-глееземов, торфяных почв болотных комплексов и аллювиальных почв долинных ландшафтов рек – установлены пределы варьирования тяжелых металлов и металлоидов в органогенных и минеральных горизонтах почв северного сектора Большеземельской тундры. Выявлены основные закономерности накопления в них тяжелых металлов и As. Выявлено, что в органогенных горизонтах всех исследованных почв преимущественно аккумулируются следующие тяжелые металлы: Hg, Cd, Mn, Pb, Zn, Ba, Sr. В автоморфных и полугидроморфных почвах водораздельных плато происходит обогащение минеральной части почвенных профилей Ni, Co, Va, Cr, Fe и As. Показано, что валовое содержание большинства проанализированных элементов в

почвах северных тундр не превышает значений ОДК и ПДК, и соответствует низкому и среднему региональному уровню их содержания. Для Cd и As установлен повышенный и высокий региональный фон содержания в почвах. Причиной отмеченных превышений ОДК(ПДК) по содержанию As, Co, Mn и Cd являются особенности состава почвообразующих пород и специфика условий аккумуляции и миграции элементов в ландшафтах. К специфической особенности северных тундр большеземельской тундры необходимо отнести крайне низкое содержание в почвах молибдена – в большинстве исследованных почв его содержание находилось на уровне меньше нижней границы диапазона определяемого содержания. Выявлены различия в содержании некоторых тяжелых металлов, а именно Zn, Pb, Ni, Cu, Cd, Hg и As в органогенных горизонтах почв южных кустарниковых и северных гипоарктических тундр. Показано, что в направлении к северным тундрам в почвах, занимающих на водоразделах автоморфные (подбуры, глееземы) и полугидроморфные (торфяно-глееземы) позиции рельефа, возрастает содержание As, Zn, Ni, Pb, Cu. В торфяных почвах болотных экосистем, представленных в депрессиях водоразделов, и в аллювиальных почвах долин рек отмечена тенденция к снижению их концентрации, за исключением цинка, содержание которого в пойменных почвах северной тундры выше, чем в аналогичных почвах южной тундры. Для кадмия выявлено практически 2–3-кратное возрастание его содержания во всех типах почв северных тундр, по сравнению с южными тундрами [26].

2.2 Содержание редкоземельных элементов в почвах северных регионов

В обедненных почвах редкоземельные металлы используются в качестве микроудобрений. Грунтовые и поверхностные воды и растения могут загрязняться при удобрении осадками сточных вод, при попадании отходов нефтеперерабатывающих заводов и т.п. Экологическая роль

актинилов определена как негативная, действие лантанилов изучено недостаточно [12]. В [23] сообщается о более высокой обогащенности редкоземельными металлами подзолов, чем черноземов.

Кларки редких металлов в земной коре равны: Y=31; La=35, Ce=66, Pr=9,1; Nd=40, Sm=7; Th=8,1; U=2,3 мг/кг [20]. В почвах их кларки отличаются. Они выше, чем в земной коре для Y=40 и Th=9 и ниже для La=26, Ce=49, Nd=19, Pr=7,6, Sm=4,8 и U=2 мг/кг [63]. Геохимические свойства лантанилов (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm) определяются способностью образовывать прочные комплексы с органическими лигандами, что способствует их выщелачиванию из почв. Поэтому для большинства из них отношение кларка почвы и земной коры $K(п/к) < 1$. Действительно, для La оно 0,74, для Ce – 0,85, для Pr – 0,84, для Nd – 0,47, для Sm – 0,64. Исключение составляет Y, для которого $K(п/к) = 1,29$, это связано с ошибочным, завышенным почвенным кларком иттрия. Актиниды (Th, U) также активно выщелачиваются при почвообразовательном процессе. Но их почвенные кларки близки кларкам земной коры, это, вероятно, связано с низкой достоверностью почвенных кларков актинилов. Считается, что торий сильнее накапливается в гумусовом горизонте, а уран – сильнее вымывается [27]. Геохимические барьеры для них одинаковые – горизонты, обогащенные глинистыми минералами. В районе Хибинско-Ловозерской провинции на Кольском полуострове территорию можно поделить на три участка. На фоновой территории вблизи Умбозера как в минеральных, так и в оторфованных образцах содержание всех редких металлов ниже кларкового: лантаниды и актиниды сильно выщелачиваются из кислых подзолистых почв. В районе слабой геохимической аномалии (вблизи Ловозера) от лопаритсодержащей породы наследуются все лантаниды, а из актинилов – Th: их содержание в 1,3–5,4 раза превышает кларковое значение. В зоне сильной геохимической аномалии (на северном берегу Сейдозера и на берегу р. Эльморайок) концентрация лантанилов и

актинилов еще выше: в 4–9 раз превышает кларковое значение. Проявляется влияние биологического барьера, препятствующего чрезмерному накоплению тяжелых металлов во мхах на территории геохимической аномалии [15].

2.3 Особенности накопления ртути почвами и растениями Крайнего Севера

Ртуть (Hg) - серебристо-белый тяжелый металл, жидкий при комнатной температуре. Относится к I классу опасности, является высокотоксичным веществом. Она интенсивно испаряется в атмосферном воздухе. Ртуть метилирует с образованием высокотоксичных соединений, является тиоловым ядом, нарушает белковый обмен и ферментативную деятельность. Имеет высокую способность к биоконцентрированию и накоплению в пищевых цепях. Ртуть способна мигрировать по трофическим цепочкам водных и наземных экосистем. Она характеризуется разнообразием форм миграции и спецификой их трансформации в природных условиях, а также широким спектром негативного воздействия на живые организмы и их популяции [7, 27]. Источники поступления ртути делятся на природные и антропогенные. Природными источниками ртути являются извержения вулканов, испарение с поверхности океана, зоны тектонических нарушений (разломы), месторождения полезных ископаемых. Основным источником ртути для окружающей среды является дегазация земной коры. Благодаря миграционным свойствам ртуть принимает активное участие в различных природных процессах и обогащает в той или иной степени рудные месторождения самого различного состава и месторождения углеводородного сырья. Ртуть используется в сельском хозяйстве в качестве протравителя семян и гербицида. Военная промышленность из ртути и её соединений получает «гремучую ртуть» - взрывчатое вещество, закладываемое в детонаторы снарядов и гранат. Самое массовое потребление ртути используется в хлорном производстве, она является катодом в электролитическом процессе получения едкого натрия и

хлора. Применяют в качестве катализатора при образовании органических соединений; для растворения урановых блоков, используемых в атомной энергетике, при термохимической реакции разложения воды на кислород и водород в атомно-водородной энергетике. Ртутные соединения применяют в производстве драгоценных металлов. Целый ряд важнейших сплавов получается с помощью ртути, находящих применение в гальванопластике, гравировке и литографии. Metallургия использует свойство ртути растворять в себе большинство металлов, в результате чего получают амальгамы [27]. В тяжелом машиностроении для производства вакуумных установок; современных ртутных диффузионных насосов; тяжело нагруженных гидродинамических подшипников. Ртутно - паровые турбины содержат большое количество ртути в жидком состоянии и его необходимо постоянно пополнять. В электротехнической промышленности, в качестве всевозможных ламп, выпрямителей электрического тока, преобразующих трёхфазный ток в постоянный посредством жидкого ртутного катода. Для производства сухих батарей, технология изготовления которых включает применение ртути, сегодня на них работают слуховые аппараты, производство аккумуляторов. А также ртути используется в приборостроении и радиотехнической промышленности, в горном деле, нефтеперерабатывающей промышленности, в медицине, стоматологии, в судостроении. Органические и неорганические соединения ртути находят применения в фотографии, пиротехнике, при изготовлении художественных изделий из фарфора, дублении кожи, окрашивании тканей.

Ртуть, поступая в атмосферу из различных источников, под действием солнечной радиации и в присутствии галогенов подвергается различным превращениям (рисунок 1) [56].

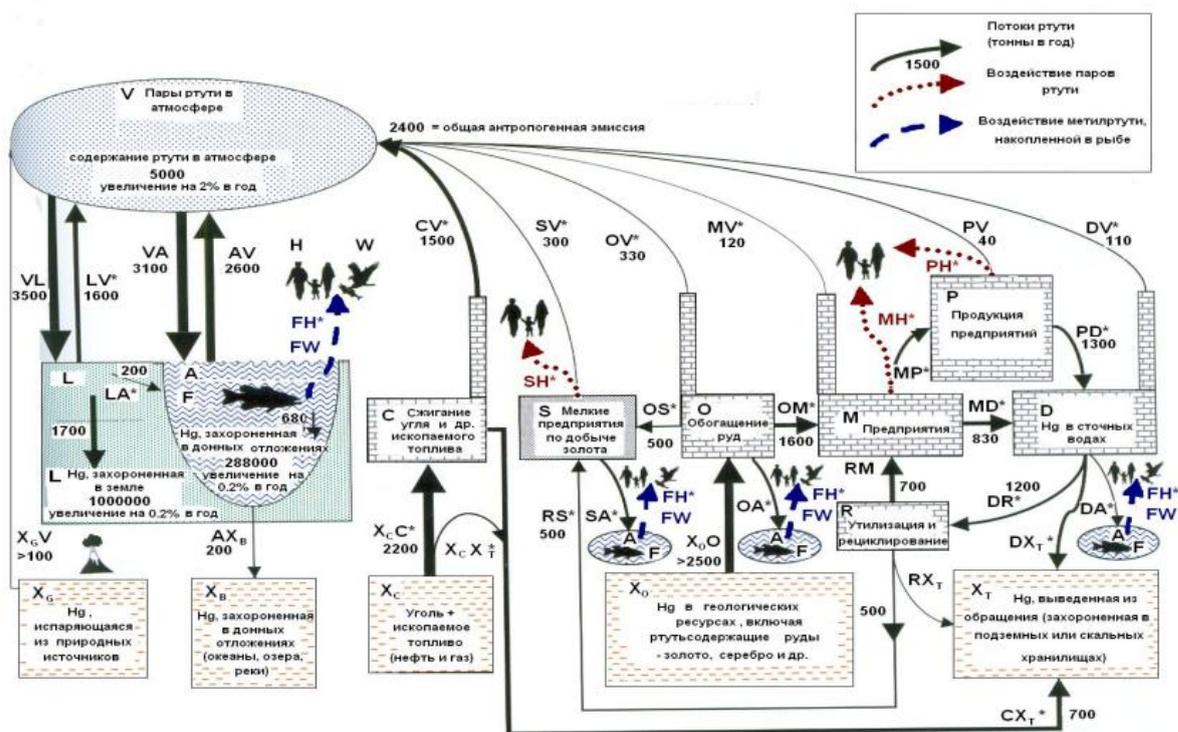


Рисунок 1 – Основные пути распространения ртути в окружающей среде
(Удоденко Ю.Г., 2014)

В геохимии ртути важную роль играет миграция ее в водных растворах и в газообразной форме. Характерна особенность ртути к амальгамированию многих металлов: Au, Ag, Zn, Cd, Bi, Ti, Sn, Pb, Rb, K, Na, Cs, Ca. Также, с повышением температуры и при наличии катализаторов способность ртути к растворению в себе металлов возрастает. Ртуть дает растворимые соединения с Cu, Mn, Fe, Zn [20, 60].

В природных условиях ртуть обычно мигрирует в трех наиболее распространенных состояниях – Hg⁰ (элементарная ртуть), Hg(II) (ион двухвалентной ртути), CH₃Hg (метилртуть), а также в виде менее распространенного иона ртути Hg(I) [25].

Распределение и миграция ртути в окружающей среде осуществляются в виде круговорота двух типов: глобального круговорота, включающего циркуляцию паров ртути в атмосфере (от наземных источников в Мировой океан и наоборот) и локального, основанного на процессах метилирования неорганической ртути, поступающей, главным

образом, из техногенных источников [30].

Важной реакцией локального круговорота является превращение ртути в метил- и диметилпроизводные, и их последующие взаимопревращения друг в друга. Важно то, что метилирование ртути происходит в самых различных условиях: в присутствии и отсутствии кислорода, разными бактериями, в различных водоемах, в почвах и даже в атмосферном воздухе. Особенно интенсивно процессы метилирования протекают в верхнем слое богатых органическим веществом донных отложений водоемов, во взвешенном в воде веществе. Диметилртуть $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$, отличаясь высокой растворимостью и испаряемостью, улетучивается из воды в атмосферу, где может превращаться в монометилртуть, удаляться с дождевыми осадками и возвращаться в водоемы и в почву, завершая таким образом локальный круговорот ртути [18].

Почва один из важных компонентов в глобальном биогехимическом цикле ртути.

В почвах ртуть активно аккумулируется гумусом, глинистыми частицами, может мигрировать вниз по почвенному профилю и поступать в грунтовые воды, поглощаться растительностью, в том числе сельскохозяйственной, а также выделяться в виде паров и в составе пыли в атмосферу. При сильном загрязнении почв концентрации ртути в воздухе могут достигать опасных для человека величин [4].

Ртуть в почвенном покрове распределяется неоднородно, концентрации ее зависят от уровня содержания ртути в почвообразующих породах. Причем, сорбция ртути почвами не зависит от органического вещества, однако прочность связи Hg с почвой зависит от количества органического вещества [34].

Концентрация ртути в почвах происходит в верхнем слое и связана с уровнем содержания органики, железа, серы [34].

В работе [9] произведена оценка поступления ртути на фоновые и

техногенные ландшафты республики Коми, выявлении особенностей накопления по горизонтам почв и торфа, а также выбора оптимального индикатора атмосферного загрязнения. В качестве объектов исследования выбраны наиболее типичные почвы районов с разной степенью гидроморфизма и гранулометрического состава подстилающей породы: торфянисто-подзолисто-глееватые на суглинках (Пб1), торфянисто-подзолисто-глееватые иллювиально-гумусовые на супесчаных отложениях (Пб1иг) и подзолы иллювиально-железистые (П). Среднее содержание ртути проанализированных почв: Пб1 – 146 мкг/кг, Пб1иг – 134 мкг/кг, П – 115 мкг/кг. Анализ данных диагностирует отсутствие дифференциации содержания ртути от долготы в почвах и определяется рядом факторов: типом почв, содержанием углерода, составом специфических органических соединений, минеральным и составом почвенных коллоидов.

В работе [38] исследованы закономерности поведения ртути и её соединений в устьевой области р. Северная Двина. Ключевая роль в формировании микрокомпонентного состава природных вод принадлежит почвенному покрову водосборной территории. Самые высокие концентрации ртути свойственны почвам, обогащенным органическим веществом. Исследователями [1, 19] обнаружена обратная зависимость содержания ртути от величины их рН. Распределение ртути по почвенным горизонтам г. Архангельска и окрестностей изменялось в горизонте 0-5 см в пределах 0,009 – 0,158 мкг/г, в горизонте 5-15 см – от 0,007 до 0,150 мкг/г. В поверхностном горизонте самое высокое значение определено в образце центральной части города, самое низкое – в образце, отобранном на правом берегу Северной Двины, в 100 м выше впадения р. Юрас. Максимальные концентрации ртути характерны для почв центра города и сельскохозяйственных районов. Минимальные концентрации – для почв окраинных участков города. В верхнем горизонте содержания ртути выше средних значений (0,06-0,09 мкг/г) приурочены в основном к центру города

– к району Набережной Северной Двины и южной части о. Соломбала. Наименьшие концентрации (0,015–0,03 мкг/г) отмечаются в юго-восточной части города и окраинных районах. В горизонте 5-15 см положение пространственного распределения концентраций вообще повторяет особенности, обнаруженные в поверхностном горизонте. Действительно, содержание ртути максимально в почвах центральной части города, и минимально – в почвах его восточной и юго-восточной окраин. Вместе с тем, к особенностям следует отнести увеличение концентраций к северо-западу от г. Архангельска, а также в районе г. Новодвинск (0,05-0,07 мкг/г) [38]. Получилось, что в промышленной и транспортной зонах Архангельска концентрации ртути выше в горизонте 0-5 см; в селитебной и рекреационной зонах, а также в районе музея-заповедника «Малые Корелы» – в горизонте 5-15 см. Это свидетельствует о том, что основной поток ртути в почвы в районе исследований обеспечивается ее техногенными выпадениями из атмосферы. В дальнейшем, под воздействием природных факторов, ртуть мигрирует вглубь почвы. Именно этот процесс обуславливает более значительные концентрации ртути в подповерхностном горизонте почв фонового участка и городских территорий, отличающихся незначительной антропогенной нагрузкой. Для почв, преобразованных в значительной степени, характер распределения противоположный. Объяснением этому служит преобладание атмосферного привноса ртути. При этом интенсивность поступления ртути из воздушной среды выше, чем возможности почвы к самоочищению.

По материалам комплексного экологического обследования заказника «Колгуевский» на фоновых мониторинговых площадках о-ва Колгуев концентрация Си варьировала от 0,4 до 8,5 мг/кг (ПДК 3 мг/кг, региональный фон Ненецкого автономного округа – 0,1–33 мг/кг); Ni – от 2 до 15 мг/кг (ПДК 4 мг/кг, региональный фон – 0,3–29 мг/кг); As – от 1,2 до 4,5 мг/кг (ПДК для 2 мг/кг, региональный фон – 6 мг/кг). Hg, Pb и Cd в

фоновых почвах содержались в низких концентрациях, значительно ниже ПДК и ОДК. Так, концентрация Hg не превышала 17 мкг/кг (ПДК 2100 мкг/кг, региональный фон – 7–220 мкг/кг); Pb – варьировала от 1 до 5,6 мг/кг (ПДК 32 мг/кг, региональный фон – 1–12 мг/кг); Cd – от 0,01 до 0,24 мг/кг (ОДК 0,5 мг/кг, региональный фон – 0,011–0,8 мг/кг).

В работе [3] объектами исследований послужили почвы таежной зоны Республики Коми. Установлено, что фоновое содержание ртути в органогенных горизонтах определяется составом почвообразующих пород, содержанием органического вещества, процессами почвообразования (глеуподзолистый, подзолистый иллювиально-гумусовый, типичный подзолистый и дерново-подзолистый) в направлении с севера на юг в соответствии с биоклиматическими подзонами - крайнесеверной, северной, средней и южной тайгой и ландшафтно-геохимическими условиями (Приложение Д). Содержание ртути в суглинистых почвообразующих породах колеблется от 13,5 до 15,0 мкг/кг, супесчаном аллювии - от 9,0 до 9,7 мкг/кг, в песчаных отложениях - от 4,0 до 5,4 мкг/кг. Разнородность почвообразующих пород по содержанию ртути обусловила пространственную пестроту ее накопления в почвах. Содержание ртути в малогумусных подзолах ниже кларка литосферы земли (83 мкг/кг) или превышает его: колебания составляют 1,0–1,13. В подзолистых и болотно-подзолистых типах почв интервал кларкового отношения варьирует в диапазоне 1,46–3,13. Массовая доля ртути ниже кларка в аллювиальных дерновых (0,14–0,39), дерново-карбонатных (0,48), дерново-подзолистых почвах (0,96), что свидетельствует о низкой аккумуляции ее в органогенных горизонтах. В автоморфных почвах геохимически автономных ландшафтов (элювиальные) среднее значение массовой доли ртути в дерново-карбонатных почвах составляет 40 мкг/кг (северная тайга), в дерново-подзолистых - 80 мкг/кг (южная тайга) и в типичных подзолистых - 200 мкг/кг (средняя тайга). Низкое значение ртути в дерновых горизонтах

дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв (слабокислая среда), по-видимому, связано с биогенным фактором (интенсивное поглощение растениями). С продвижением с юга на север усиливается степень оглеения, что приводит к росту валового содержания ртути в глееподзолистых почвах до 220–260 мкг/кг. В геохимически подчиненных ландшафтах (трансэлювиально-аккумулятивные): увлажненных почвах на слабодренированных водоразделах, увалах, пологих склонах, террасовых поверхностях, покрытых песчаниками, содержание ртути варьирует в диапазоне от 121 мкг/кг в торфяно-подзолисто-глеевых иллювиально-гумусовых (северная тайга) до 180 мкг/кг в торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почвах (южная тайга). В подзолах, сформированных в автоморфных условиях, на древнеаллювиальных и водноледниковых песчаных отложениях, значение средней массовой доли ртути составляет от 60 мкг/кг в крайнесеверной тайге до 90 мкг/кг в южной тайге. Массовая доля ртути в болотно-подзолистых почвах, сформированных на суглинистых почвообразующих породах, с признаками заболачивания, находится в интервале от 160 мкг/кг в крайнесеверной до 190 мкг/кг в южной тайге. В торфяно-болотных почвах (верховые болота), представляющих группу гидроморфных почв, избыточное застойное увлажнение и анаэробные условия затрудняют разложение растительного опада и приводят к их консервации и накоплению торфа. Фоновое значение массовой доли ртути в этих почвах закономерно увеличивается от крайнесеверной (70 мкг/кг) до средней тайги (130 мкг/кг). В результате проведенных исследований установлено, что диапазоны фоновых колебаний содержания ртути близки для суглинистых болотно-подзолистых и подзолистых почв. Это связано с единством пород, близким гранулометрическим составом почв на суглинках и едиными закономерностями миграции веществ в ландшафте. Аналогичные закономерности массовой доли ртути в почвах таежной зоны отмечены для

почв, сформированных на песчаных отложениях: подзолов и торфянисто-подзолисто-глеевых иллювиально-гумусовых, но абсолютное содержание ртути в них ниже, чем в почвах, образованных на суглинистых почвообразующих породах. Разное содержание ртути в почвах объясняется также различным расположением их в ландшафтах: в автономных почвах ее концентрация несколько ниже по сравнению с подчиненными, что связано с миграционно-аккумулятивными процессами [3].

В работе [24] представлены содержания ряда металлов в тундровых почвах Арктического побережья и островов.

Большеземельская тундра. Концентрации определявшихся тяжелых металлов изменялись в пространстве: для Fe - от 1011 до 4245; Mn - от 14,4 до 544; Zn - от 1,2 до 68,9; Cu - от 2,8 до 25,3, Ni - от 2,2 до 49,2; Co - от 0,9 до 11,1; Pb - от 0,6 до 17,1; Cd - от 0,03 до 0,34; Cr - от 2,25 до 38,7; Sn - от 1,49 до 12,7; Hg - от <0,01 до 0,07 мкг/г сухого веса. Максимальные концентрации Fe, Cd, Hg зафиксированы в супесчаных почвах; Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cr и Sn в песчаных.

Западное побережье полуострова Ямал. Концентрации идентифицированных тяжелых металлов находились в пределах: для Zn - от 12,2 до 380, Cu - от 6,6 до 54,2, Ni - от 3,5 до 36,1, Co - от 2,6 до 12,6, Pb - от 3,5 до 29,8, Cd - от 0,04 до 3,42, Sn - от 0,21 до 3,7, Hg - от 0,05 до 0,46 мкг/г сухого веса. Максимальные концентрации тяжелых металлов зафиксированы в супесчаных почвах.

Восточное побережье Югорского полуострова. Концентрации идентифицированных тяжелых металлов в почвах восточного побережья Югорского полуострова находились в пределах, характерных для материнских пород: в суглинке содержание Zn - от 134 до 180, Cu - от 8,6 до 10,1, Ni - от 8,1 до 16,9, Co - от 5,8 до 6,3, Pb - от 8,3 до 17,5, Cd - от 0,43 до 0,87, Sn - от 0,65 до 0,80, Hg - от 0,10 до 0,15 мкг/г сухого веса.

Химические и физические особенности ртути являются причиной

большого разнообразия ее форм в окружающей среде и высокой подвижности [29].

В почвах формы ртути различаются по их связи с почвенными частицами: ионообменные (водорастворимые), комплексно связанные, сорбированные и химически связанные с минеральными компонентами (рисунок 2).

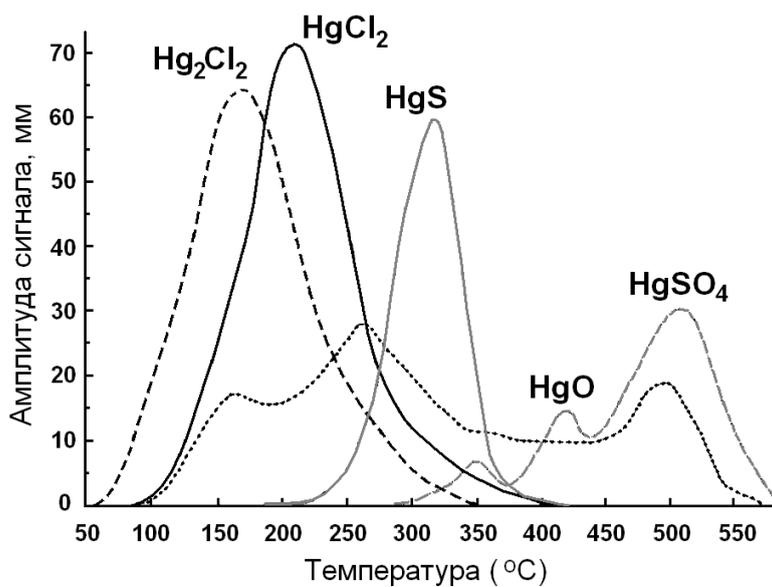


Рисунок 2 – Термограмма соединений ртути (Таций Ю.Г., 2010)

Водорастворимые формы представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями. Связывание ртути с комплексообразующими лигандами или с минеральными структурами определяет общую токсичность ртути в твердых материалах, ее миграционную способность, биологическую доступность и время нахождения в различных компонентах природных и техногенных экосистем. Соотношение сосуществующих форм ртути в почвах зависит от ряда факторов: типа почв, содержания органических и неорганических лигандов, глубины залегания почвенного слоя, его аэрируемости и влажности, техногенного воздействия.

Первое систематическое исследование форм нахождения ртути было опубликовано в 1973 г., в котором была описана термодесорбция синтетических стандартов Hg_2Cl_2 , $HgCl_2$, HgO , $HgSO_4$ и HgS при нагреве со

скоростью 17°С/мин в потоке воздуха [54]. На рисунке 3 приведен усредненный термоспектр, предложенный на основе этого подхода, а в таблице 1 температурный диапазон, соответствующий максимуму каждой фазы.

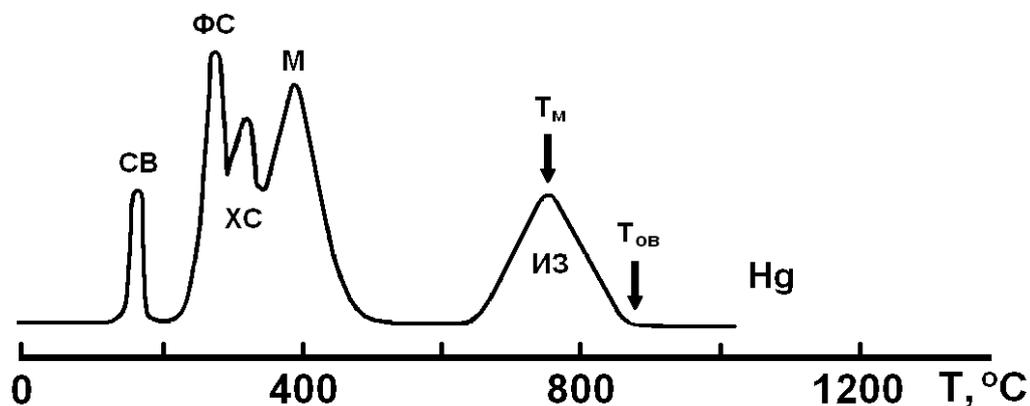


Рисунок 3 – Усредненный термоспектр неорганических форм ртути. СВ – свободная, ФС – физически сорбированная, ХС – хемосорбированная, М – минеральная (сульфидная), ИЗ – изоморфная.

Таблица 1 – Температуры максимального выхода различных форм ртути (Таций Ю.Г., 2010)

Форма ртути	Температура максимума, °С	Соединения
Свободная	150-160	HgO
Физически сорбированная	250-290	HgCl ₂ , Hg ₂ Cl ₂
Хемосорбированная	310-320	HgCl ₂ , Hg ₂ Cl ₂
Сульфидная	350-410	HgS
Изоморфная	500-1000	HgSO ₄

В данном разделе проведен обзор ранее проведенных исследований, особенности распространения и экологическая нагрузка ртути и других химических элементов на окружающую среду.

3 Методы исследования

3.1 Отбор проб и пробоподготовка

Отбор проб проводился в соответствии с [74, 73]. Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного слоя методом конверта со сторонами квадрата 1*1 м с таким расчётом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоёв данного типа почвы. Всего было отобрано по 5 смешанных проб для каждого острова. Точечные пробы отбирают методом шурфа на глубину до 10 см от поверхности почвы. Объединённую пробу составляют путём смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Масса объединённой пробы составляла чуть более 1 кг. Пробы почвы, предназначенные для определения тяжёлых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Пробы почвы в лаборатории высушивают до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Затем производится выбор крупных посторонних частиц и измельчение. Разделение материала на гранулометрические фракции осуществляется при помощи стандартного набора сит с последующим взвешиванием выделенных фракций. Стандартные наборы сит состоят из шести сит диаметром: 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,1 и 0,04 мм, поддонника и крышки. Подготовка проб для инструментального нейтронно-активационного анализа заключается в помещении 100 мг пробы в конверты 10*10 мм из алюминиевой фольги. Для измерения электропроводности и кислотности почв необходимо приготовление их водной вытяжки.

3.2 Методы анализов

Изучение вещественного состава почв проводилось на базе учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» с использованием бинокулярного стереоскопического микроскопа марки Leica EZ4D со встроенной камерой (рисунок 4). Это позволяет получать

объемное изображение контрастного однотонного или естественного цветного объекта. Использование стереоскопического микроскопа не требует специальной подготовки объекта исследования. Диапазон увеличений в стереомикроскопе колеблется от 2-х до 920-х. Общее количество изученных проб – 4 пробы.



Рисунок 4 – Стереоскопический бинокулярный микроскоп Leica EZ4D

Электронно-микроскопические исследования выполнялись на сканирующем электронном микроскопе фирмы Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой для микроанализа Bruker (рисунок 5). Электронный сканирующий микроскоп Hitachi S-3400N - аналитический прибор, способный демонстрировать высокое разрешение в широком диапазоне ускоряющих напряжений и давлений остаточного вакуума в камере (режим VP-SEM). Разрешающая способность микроскопа составляет 3 нм, что позволило получить высококачественные изображения исследуемых проб. Микроскоп оснащен термоэмиссионным вольфрамовым катодом. Рабочая камера имеет 10 портов (фланцев) для подключения дополнительного оборудования [47]. С помощью электронного микроскопа изучались 4 пробы почвы (консультант – Ильенок С. С.).



Рисунок 5 – Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой для микроанализа (разрешающая способность до 3,0 нм)

Рентгенофазовый анализ структуры вещества с помощью рентгеновских лучей проводился в отделении геологии с помощью дифрактометра D2 Phaser компании Bruker (рисунок 6).

Рентгенофазовый анализ позволяет осуществлять: определение кристаллической структуры минерала или синтетической фазы; диагностику по структурным параметрам минерала или синтетической фазы; изучение изоморфных серий твердых растворов, их полноты, выявление блочного изоморфизма; фазовый качественный анализ с диагностикой фаз и количественный с оценкой содержания фазовых компонентов. Данным методом было изучено 4 пробы.



Рисунок 6 – Дифрактометр D2 Phaser компании Bruker.

При исследованиях минеральных объектов чаще всего применяется метод порошка. Предварительно образец растирают в агатовой ступке; полученный порошок прессуют в столбик диаметром 0,5-1,0 мм и высотой 7- 10 мм. Столбик укрепляют на препаратодержателе рентгеновской камеры и тщательно центрируют.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ является одним из основных методов определения элементного состава вещества в образцах массой от нескольких мг до мкг. Был реализован в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

Пробоподготовка почв для нейтронно – активационного анализа проходит в несколько этапов: берется упаковка из алюминиевой фольги, предварительно обработанной спиртом, пинцетом формируется пакетик, далее на электронных весах определяется вес фольги (мг), на пакетике проставляется шифр пробы, пробу насыпаем в пакетики, на электронных весах определяется вес пробы (100 мг) и общий вес [22]. На реакторе (рисунок 7) образец подвергается бомбардировке нейтронами, в результате чего образуются элементы с радиоактивными изотопами, обладающими коротким периодом полураспада. Аналитический сигнал снимается с ядер

химических элементов, ввиду этого химическое и физическое состояние пробы не влияет на результат анализа. Влияние изменения состава матрицы пробы определяется лишь интерферирующими и нейтронно-поглощающими элементами содержания химических элементов. Плотность потока тепловых нейтронов в канале облучения составляла $2 \cdot 10^{13}$ нейтр./см²*с. Продолжительность облучения проб до 20 часов. Измерение производилось на многоканальном анализаторе импульсов АМА 02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А. Общее количество изученных проб – 4 пробы.



Рисунок 7 – Научно – исследовательский ядерный реактор ТПУ

В настоящее время для определения содержания ртути в твердых образцах – почвах [45] широко применяется современный отечественный аналитический комплекс - атомно-абсорбционный анализатор ртути РА-915+ в комплекте с приставкой ПИРО-915+ (на рисунке 8). Приставка ПИРО-915+ предназначена для термической деструкции проб сложного состава, ее атомизации методом пиролиза, что позволяет исключить трудоемкий процесс «мокрой» пробоподготовки с использованием агрессивных сред. Приставка с помощью специального устройства

соединена с анализатором ртути РА-915, где происходит определение ртути [13].

Взвешенную навеску пробы вводят в атомизатор приставки «ПИРО-915+» для термического разложения с одновременной атомизацией ртути. Детектирование атомов ртути происходит с помощью анализатора «РА-915М». Обработка результатов измерений осуществляется с помощью программного обеспечения «Рapid».

Для построения и контроля стабильности градуировочных характеристик при определении массовой доли ртути в твердых объектах использовали стандартные и референтные материалы в соответствии с методикой выполнения измерений для данного метода измерений. Для характеристики воспроизводимости используют относительное стандартное отклонение RL ($RL \leq 13\%$). Общее количество изученных проб – 22 пробы (консультант – Ляпина Е. Е.).



Рисунок 8 – Ртутный анализатор РА-915+ с пиролизической приставкой ПИРО-915

Формы нахождения были определены методом термодесорбции. Модификация приставки к анализатору ртути РА-915 позволила измерять содержание ртути в образцах при их нагревании в режиме температурно-программированного нагрева. Это дает возможность разделять соединения ртути, связанные с поверхностью связями различной прочности. Режим

регистрации термоформ следующий: температурный диапазон 25-850⁰С, скорость нагрева 0,8 в сек., продолжительность нагрева 15 мин, реализуется с помощью программы «Рапид». В основе метода лежит способность ртути покидать твердую пробу при ее нагреве и переходить в газовую фазу. Использование атомной абсорбции существенно упростило метод, позволив при этом непрерывно регистрировать аналитический сигнал ртути при повышении температуры образца.

Таким образом, сняв термоспектры реальных образцов и сравнивая их с предварительно полученными спектрами различных соединений ртути можно делать заключения о наличии конкретных форм металла и их возможной трансформации в окружающей среде. Факторами, влияющими на вид термоспектра, являются скорость нагрева пробы, характер нагрева, состав образца. Общее количество изученных проб – 4 пробы.

В измерение физико-химических характеристик почвы входит определение таких показателей, как рН, электропроводности и магнитной восприимчивости.

Магнитная восприимчивость почв измерена индукционным методом с использованием прибора «Каппаметр КТ-5» (рисунок 9). Измерения магнитной восприимчивости проводились в соответствии с инструкцией, методическими рекомендациями, согласно запатентованной методике [83]. Одно измерение состоит из четырех замеров. Замер магнитной восприимчивости образца производился в 2 этапа:

1. Калибровка каппаметра в свободном воздухе. Для этого требуется направить измерительную площадку каппаметра в воздух, в сторону от любых объектов и нажать кнопку измерения (находится на боковой поверхности прибора).

2. Замер магнитной восприимчивости образца. Для этого, не позднее, чем через десять секунд после калибровки каппаметра необходимо приложить к измерительной площадке образец и повторно нажать кнопку

измерения. Полученное на дисплее число есть значение измеренной кажущейся магнитной восприимчивости образца в ед. СИ $\times 10^{-3}$.



Рисунок 9 – Каппаметр КТ-5

Кислотность почвы (рН почвы) - важное физико-химическое свойств почв. Измерение рН водной вытяжки из почвы проводили потенциометрическим методом согласно [75] на рН-метре (рисунки 10, 11). Пробы почвы массой 5 г, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, помещали в емкость. К пробам приливали 30 см³ дистиллированной воды. Почву с водой перемешивали в течение 3 минут на орбитальном шейкере модели «OS-20», а затем оставляли на 5 минут для отстаивания.



Рисунок 10 – Орбитальный шейкер «OS-20»



Рисунок 11 – pH-метр

Часть почвенной суспензии сливали в химический стакан и проводили измерение pH. Градуировку pH-метра проводили по трем буферным растворам с pH 4,01; 6,80, 9,18. Показание прибора считывали не ранее чем через 1,5 минуты после погружения электродов в измеряемую среду и после прекращения дрейфа измерительного прибора. Во время работы настройку прибора проверяли по буферному раствору с pH 6,86.

Кондуктометрический метод анализа основан на измерении электропроводности анализируемого раствора [75]. Электропроводностью называют величину, обратную электрическому сопротивлению R . Единицей измерения электропроводности является Ом-1 или сименс (См). Кондуктометр – это высокоточный измерительный прибор, который предназначается для определения электропроводности различных электролитов (рисунок 12).



Рисунок 12 – Кондуктометр ЕС Метр тестер

3.3 Методика обработки результатов

Все полученные данные по элементному составу почв были переведены в мг/кг. По ним были рассчитаны эколого-геохимические показатели для почвы с помощью программы Microsoft Office Excel. Методика обработки результатов включала расчет следующих эколого-геохимических показателей: расчет коэффициентов концентрации относительно фона и ПДК, расчет кларков концентрации относительно земной коры, относительно почв Земли и суммарный показатель загрязнения.

Коэффициент концентрации относительно фона и ПДК (K_c) показывает, во сколько раз содержание химических элементов в почвах превышает данные показатели:

$$K_c = C_{Hg}/C_{\phi}, (3.3.1)$$

где C_{Hg} – содержание ртути в почвах; C_{ϕ} - фоновое содержание химического элемента [51, 17];

$$K_c = C_{Hg}/ПДК, (3.3.2)$$

где ПДК - величина предельно допустимой концентрации;

Расчет кларков концентрации показывает отношение содержания элементов в почвах к его Кларку относительно земной коры (K_k) и почв Земли:

$$K_k = C_{Hg}/K_{зк}, (3.3.3)$$

где $K_{зк}$ - кларк земной коры [15, 16];

$$K_k = C_{Hg}/K_{пз}, (3.3.4)$$

где $K_{пз}$ - кларк почв Земли [10, 63];

Коэффициент биологического накопления рассчитывается по формуле:

$$K_b = C_{Hg_{раст}}/C_{Hg_{почв}}, (3.3.5)$$

где $C_{Hg_{раст}}$ – концентрация ртути во мхах;

Расчет временно – допустимой концентрации:

$$\text{ВДК} = \text{СНг}/2\text{СНг}_\phi, (3.3.6)$$

где $\text{СНг}_\phi = 5$ нг/г (Иванов, 1997);

Коэффициент концентрации относительно фона показывает, во сколько раз содержание химических элементов во мхах превышает данные показатели:

$$\text{Кс} = \text{СНг}/\text{СНг}_\phi, (3.3.7)$$

где $\text{СНг}_\phi = 80$ нг/г (арх. Шпицберген, Демешкин, 2015);

Для санитарно-гигиенической оценки загрязнения почв применяется суммарный показатель загрязнения ($Z_{\text{спз}}$), который показывает уровень загрязнения и степень заболеваемости (таблица 2):

$$Z_{\text{спз}} = \sum K_n - (n-1), (3.3.8)$$

где K_n - коэффициент концентрации элемента; n - количество элементов, коэффициент концентрации которых больше 1.

Таблица 2 – Градация суммарного показателя загрязнения для почвенного покрова [82]

Значения	Степень	Уровень
Менее 16	Низкая	Неопасный
16-32	Средняя	Умеренно
32-128	Высокая	Опасный
Более 128	Очень	Чрезвычайно

5 Технико – экономическое обоснование продолжительности работ по объекту и объемы проектируемых работ

Главным принципом выполнения научно-исследовательской работы является минимум затрат, который будет соответствовать наибольшей эффективности исследований и обеспечит работу с достаточным количеством информации, чтобы решить поставленные задачи.

Необходимо определить материальные затраты, связанные с выполнением работ, основанных на техническом задании, время на выполнение работ, спланировать проведение и продолжительность работ.

Для выполнения работы необходимо проведение литогеохимических, биогеохимических, лабораторных и камеральных работ.

Отбор проб проводился в августе 2016 г.

Календарный план выполнения работ составляется по месяцам по видам работ в таблице 6. Технико – экономические показатели проектируемых работ рассчитываются на 1 год. Виды, условия и объемы работ представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Календарный план-график проведения проекта

Вид эколого – геохимических работ	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом по почвам на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения												
Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения												
Пешие проходимые маршруты												
Сушка проб (образцов)												
Сушка проб (образцов)												
Просеивание												

3. Лабораторные работы. Пробы подготавливались для дальнейшего изучения. Проходило просушивание при комнатной температуре и просеивание.

Также пробы подготавливались для определения ртути в почвах, которые проводились в отделении геологии Томского политехнического университета в МИНОЦ «Урановая геология» ртутным анализатором РА-915+. В качестве материала использовалась почва, просеянная через сито диаметром 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм, 0,125 мм, 0,1 мм, 0,04 мм.

Визуальное изучение проб проводилось в лаборатории электронно-оптической диагностики кафедры ГЭГХ на бинокулярном микроскопе Leica EZ4D, а также на Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа.

Также измерение магнитной восприимчивости, электропроводности и pH почв проводились в лабораторных помещениях отделения геологии ТПУ с использованием Каррameter Model: КТ-5, кондуктометра и pH-метра соответственно.

Пробы подготавливались также для инструментального нейтронно-активационного анализа, который проводился на базе исследовательского ядерного реактора «ИРТ-Т», относящегося к Томскому политехническому университету. Было подготовлено 4 пробы, навеской 100 мг и упакованных в пакетики, которые сделаны из алюминиевой фольги.

4. Камеральная работа включала в себя сбор информации, а также ее систематизацию, изучение анализов проб, расчет геохимических показателей и оформление данных.

Календарный график выполнения работ - это проектно - технологический документ, который определяет последовательность, интенсивность и продолжительность производства работ, а также потребность (с распределением по времени) в материально-технических, трудовых и финансовых ресурсах, используемых в данном проекте. График позволяет правильно составить финансирование проекта, которое составляет

происходит поквартально, для того чтобы следить за промежуточными результатами.

Виды и объемы работ

Для определения денежных затрат необходимо определить прежде всего время на выполнение отдельных видов работ по проекту, спланировать их параллельные либо последовательное выполнение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ по проекту.

Таблица 7 — Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Эколого-геохимических работ лито геохимическим методом по почвам на отдельных площадках при геолого-экологических	Проба	4	Отбор проб по проходимости	Пробоотборная лопатка
2	Эколого-геохимических работ биогеохимическим методом на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях	Проба	18	Отбор проб по проходимости	
3	Пешие проходимые маршруты	км	0,1		
4	Сушка проб (образцов)	Проба	4		
5	Сушка проб (образцов)	Проба	18		
6	Просеивание	Проба	4		Сито размером 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм; 0,125 мм, 0,1 мм, 0,04 мм
7	Определение ртути беспламенным атомно-абсорбционным методом	Проба	4	Определение Hg	Ртутный анализатор РА 915+
8	Определение ртути беспламенным атомно-абсорбционным методом	Проба	18	Определение Hg	Ртутный анализатор РА 915+
9	Описание минерального состава с использованием бинокулярного микроскопа	Навеска	4	Определение минерального состава	оптический электронный микроскоп Leica EZ4D

10	Электронно-микроскопическое исследование	Навеска	4	Микроскопическое изучение проб	Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S- 3400N с приставкой для микроанализа;
11	Определение кислотности почв	Навеска	4		pH-метр
12	Определение электропроводности почв	Навеска	4		кондуктометр
13	Магнитная сепарация	Проба	4		Карраметр Model: KT-5.
14	Рентгенофазовый анализ	Навеска	4		Дифрактометр D2 Phaser
15	Инструментальный нейтронно-активационный анализ		4		Ядерный реактор «ИРТ-Т»
16	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	Проба	4		
17	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	Проба	18		
18	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	Проба	4		
19	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	Проба	18		

Расчет затрат и времени по видам работ

Проектом работ предусмотрено проведение отбора проб почв и мхов на территории островов Крайнего Севера.

Используя технический план, в котором указаны все виды и объемы работ, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах. Результаты представлены в таблице 8.

При расчете необходимо учитывать категорию трудности местности производства работ, категорию разрабатываемых горных пород и поправочный коэффициент за ненормализованные условия. Для расчета затрат времени и труда были использованы нормы, изложенные в ССН выпуск 2 «Геолого-экологические работы» и выпуск 7 «Лабораторные исследования» [87, 88]. При расчете норм длительности принята 40-часовая рабочая неделя. Результаты расчета затрат времени по видам работ приведены в таблице 9.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N=Q*N_{ВР}*K,$$

где N - затраты времени;

Q - объем работ;

$N_{ВР}$ - норма времени из справочника сметных норм (выпуск 2);

K - коэффициент за ненормализованные условия;

Таблица 8 – Расчет затрат времени

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма времени по ССН	Коэффициенты	Таблица по ССН	Итого времени на объем
		Ед. изм.	Кол-во				
1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом по почвам на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения	Проба	4	0,0488	1	вып. 2, п. 2 табл. 27	0,1952

2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения	Проба	18	0,0265	1	вып. 2 п. 2 табл. 45	0,477
3	Пешие проходимые маршруты	м	100	5,15	-	вып. 2 п. 2 табл. 29	0,0515
4	Сушка проб (образцов)	Проба	4	0,0227		вып. 1 ч. 5 табл. 51	0,0908
5	Сушка проб (образцов)	Проба	18	0,0227		вып. 1 ч. 5 табл. 51	0,4086
6	Просеивание	Проба	4	0,5		вып. 7 гл. 8 табл. 8.2	2
7	Определение ртути беспламенным атомно - абсорбционным методом	Навеска	4	0,26		Вып. 7 гл. 1, табл. 1.3	1,04
8	Определение ртути беспламенным атомно - абсорбционным методом	Навеска	18	0,26		Вып. 7 гл. 1, табл. 1.3	4,68
9	Описание минерального состава с использованием бинокулярного микроскопа	Навеска	4	0,051		Вып. 7 гл. 8 табл. 8.10	0,204
10	Электронно-микроскопическое исследование	Образец	4	0,17		Вып. табл.13 ⁷ ,	0,68
11	Определение кислотности почв	Навеска	4	0,26		Вып. 7 гл. 1, табл. 1.3	1,04

12	Определение электропроводности почв	Навеска	4	0,19		Вып. 7 гл. 1, табл. 1.3	0,76
13	Магнитная сепарация	Фракция	4	0,21		Вып.7, табл.8.3.	0,84
14	Рентгенофазовый анализ	Навеска	4	0,65		Вып. табл.6 ⁷ ,	2,6
15	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	Проба	4	0,0006		Вып. 2 табл. 59	0,0544
16	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов	Проба	18	0,0006		Вып. 2 табл. 59	0,0108
17	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	Проба	4	0,0232		Вып. 2 табл. 61	0,0928
18	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	Проба	18	0,0232		Вып. 2 табл. 61	0,4176
Итого:							15,6

Расчет затрат труда

Рабочее время составило 15,6 смен, расчет затрат времени на каждого работника представлен в таблице 10.

В состав рабочей группы входит специалист - геоэколог и рабочий.

Таблица 9 – Расчет затрат труда (на каждый вид работы)

№	Вид работ	Т	Геоэколог	Рабочий I категории
			Н, чел/смена	Н, чел/смена
1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом по почвам на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения	0,1952	0,1952	-
2	Эколого-геохимические работы биохимическим методом на отдельных площадках при геолого-экологических исследованиях территории хозяйственного освоения	0,477	0,477	-
3	Пешие проходимые маршруты	0,0515	0,0515	-
4	Сушка проб (образцов)	0,0908	0,0908	-
5	Сушка проб (образцов)	0,4086	0,4086	-
6	Просеивание	2	2	-
7	Определение ртути беспламенным атомно - абсорбционным методом	1,04	-	1,04
8	Определение ртути беспламенным атомно - абсорбционным методом	4,68	-	4,68
9	Описание минерального состава с использованием бинокулярного микроскопа	0,204	0,204	-
10	Электронно - микроскопическое исследование	0,68	-	0,68
11	Определение кислотности почв	1,04	1,04	-
12	Определение электропроводности почв	0,76	0,76	-
13	Магнитная сепарация	0,84	0,84	-
14	Рентгенофазовый анализ	2,6	-	2,6
15	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	0,0544	-	0,0544
16	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	0,0108	-	0,0108
17	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	0,0928	0,0928	-
18	Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ)	0,4176	0,4176	-
	Итого:	15,6	6,5775	9,0652

Расчет сметной стоимости проектируемых работ

Расчет затрат материалов

Расчет затрат материалов (для полевого и камерального периодов) для данного проекта осуществлялся на основе средней рыночной стоимости необходимых материалов и их количества (таблица 11).

Таблица 10 – Расход материалов на проведение геоэкологических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
Все полевые эколого-геохимические работы				
Журналы регистрационные	шт	1	30	30
Карандаш простой	шт	3	10	30
Линейка чертежная	шт	1	15	15
Резинка ученическая	шт	2	10	20
Ручка шариковая	шт	2	15	30
Литогеохимические работы				
Мешки полиэтиленовые для образцов	шт	25	10	250
Неметаллическая лопата	шт	1	120	120
Биогеохимические работы				
Мешки полиэтиленовые для образцов	шт	20	10	200
Лабораторные исследования				
Сито лабораторные	Комплект	1	600	600
Журнал регистрационный	шт	1	30	30
Перчатки латексные	шт	4	20	80
Пакеты с застежкой «zip-look»	Упаковка	1	250	250
Камеральные работы				
Бумага офисная	Упаковка	1	195	195
Маркер цветной	шт	3	50	150
Итого:				2000

Расчет оплаты труда

Оплата труда зависит от оклада и количества отработанного времени при расчете учитываются премиальные начисления и районный

коэффициент. Таким образом формируется оплата труда. С учетом дополнительной заработной платы формируется фонд заработной платы. Итоговая сумма, необходимая для оплаты труда всех работников, составляется при учете страховых взносов, затрат на материалы, амортизацию оборудования, командировок и резерва. Расчет оплаты труда представлен в таблице 12.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = Т * \text{Окл} * К, (5.1)$$

где ЗП - заработная плата;

Т - количество отработанных смен (дни, часы);

Окл – оплата одной смены (р);

К – районный коэффициент (2,0)

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%, (5.2)$$

где ДЗП - дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП}, (5.3)$$

где ФЗП - фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, (5.4)$$

где СВ - страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, (5.5)$$

где ФОТ - фонд оплаты труда (р).

$$R = ЗП * 3\%, (5.6)$$

(7) где R - резерв (%).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + M + A + R, (5.7)$$

где СПР - стоимость проектно-сметных работ.

Оклад за день равен частному средней заработной платы для северных регионов (66 000 руб. – республика Саха (Якутия), 18 000 руб. – рабочего 1 категории) и количества рабочих дней в месяце (21 день)

Таблица 11 – Расчет оплаты труда

№	Статьи основных расходов	Оклад за день, руб	Количество дней	Итог, руб
Основная з/п:				

1	Геоэколог	3143	6,5775	20673,1
2	Рабочий 1 категории	857	9,0652	7768,9
Всего за весь срок работ:				28441,98
	Заработная плата с учетом районного коэффициента			28441,98*2=56883,96
3	Дополнительная з/п (7,9%)			4493,83
	Итого фонд заработной платы (ФЗП)			61377,79
4	Страховые взносы (30%)			18413,3
	Фонд оплаты труда			79791,1
5	Резерв (3%) от ФЗП			1841,3
Итого:				81632,4

Расчет затрат на подрядные работы

Лабораторно – аналитические исследования отобранных проб будут производиться подрядным способом. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет затрат на подрядные работы

№, п/п	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость	Сумма
1	ИНАА	4	2000	8 000
Итого:				8 000

Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Для проведения работ были затрачены силы одного геоэколога и рабочего. Они занимались геохимическими работами, лабораторными работами, а также анализом данных. Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ представлен в таблице 14, расчет амортизационных отчислений в таблице 15, основные затраты на проектные работы в таблице 16.

Таблица 14 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб	Годовая норма амортизации, %	Время полезного использования в разработке % по 2017 году	Амортизация, руб
Оптический электронный микроскоп LeicaEZ4D	1	23000	20	40	1840
Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N	1	8000000	20	5	80000
Персональный компьютер	1	19000	25	100	4750
Анализатор ртути «РА-915+»	1	1500000	10	60	90000
Итого					176590 р.

Таблица 15 - Основные затраты на проектные работы

Состав затрат	Сумма затрат, руб
Материальные затраты	2000
Затраты на оплату труда (со страховыми взносами)	81632,4
Амортизация	176590
Итого:	260222,4

Таблица 16 – Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ

Наименование работ и затрат	Объём		Единичная расценка	Полная сметная стоимость, руб.
	Ед. изм	Количество		
Основные расходы				
Проектно-сметные работы	% от ПР	100		260222,4
Полевые работы:				260222,4
Камеральные работы	% от ПР	100		260222,4
Итого основных расходов				780667,2
Накладные расходы	% от ОР	15		117100,08
Итого: основные и накладные расходы				897767,28
Плановые накопления	% от НР+ОР	20		179553,46

Подрядные работы (Лабораторные исследования)	руб.			
Инструментальный нейтронно–активационный анализ	руб			8000
Резерв	% от ОР	3		23420
Итого сметная стоимость				1108740,74
НДС	%	18		199573,3
Итого с учётом НДС				1308314,07

Таким образом, проведение научно - исследовательской работы составило 1108740,74 руб. с учетом НДС 1308314,07 руб. Были составлены обоснование проведенных работ, которые включали в себя расчет затрат труда и времени, а также смета по всем проведенным работам, а их сумма дала представление об общей стоимости исследования.

6 Социальная ответственность при геохимических особенностях содержания элементов в депонирующих средах Крайнего Севера

Профессиональная социальная безопасность

Полевой этап. В данной работе полевой этап включал в себя отбор проб почв и мхов. Пробы были отобраны и предоставлены участниками экспедиции ИМКЭС СО РАН в 2016 г.

Лабораторный этап. При осуществлении лабораторного этапа работ проводилась подготовка проб к дальнейшим исследованиям, в результате которой пробы почв просушивались при комнатной температуре, просеивались через сито с размером ячеек 2 мм, 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм, 0,125 мм, 0,1 мм и 0,04 мм. Также готовились водные вытяжки для почв. Подготовка проб для инструментально нейтронно-активационного анализа заключалась в помещении 100 мг пробы в конверты 10*10 мм из алюминиевой фольги. Работы проводились в лабораторных помещениях на базе отделения геологии в инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология», а также на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т.

Производственная безопасность. При работе с использованием персональных ЭВМ существуют опасные и вредные факторы, которые могут стать причиной профессиональных заболеваний и травм (таблица 17). Соблюдение правил и техники безопасности эксплуатации персональной ЭВМ позволяет ослабить воздействие данных факторов и предотвратить травматизм. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте представлены в таблице.

Таблица 17 – Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы при выполнении работ на рабочем месте [71]

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1. Отбор проб на островах Колгуев, Немецкий Кузов, Большой Цинковый и Белый.	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 2. Тяжесть и напряженность физического труда	1. Электрический ток	Р.2.2.013— 94 ГОСТ 12.1.005–88; ГОСТ 12.1.038-82.
Лабораторный и камеральный этап: 1. Подготовка проб почв и мхов; 2. Работа на ЭВМ;	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Электромагнитное излучение 3. Недостаточная освещенность;	1. Электрический ток 2. Пожароопасность	ГОСТ 12.1.038-82; СП 9.13130.2009; ГОСТ 12.1.005–88; СанПИН 2.2.4.548-96; СНиП 23-

Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Электрический ток. При полевых работах на открытой местности при некоторых условиях человек может подвергаться опасности воздействия электрического тока. Проходя около опоры линии электропередачи, человек может попасть под шаговое напряжение и подвергнуться действию тока, проходящего через ноги. Находясь под проводами линии высокого напряжения, человек может оказаться под опасным воздействием электрического поля. При грозе появляется повышенная опасность поражения атмосферным электричеством и прямым ударом молнии. При этом происходит потеря сознания, остановка или резкое угнетение самостоятельного дыхания, часто аритмичный пульс, расширение зрачков. Наблюдается синий цвет лица, шеи, грудной клетки, кончиков пальцев, а также следы ожога. Удар молнии может привести к

остановке сердца. При прекращении работы сердца и остановки дыхания наступает смерть.

Отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда. Средняя температура сентября $12,8^{\circ}\text{C}$.

Тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы. Работоспособность снижается при длительном и однообразном ее выполнении, а также тяжести труда. Показатели можно разделить на «объективные» и «субъективные». К объективным показателям работоспособности обычно относят: а) изменения количественных и качественных показателей труда, б) изменения функционального состояния нервной системы. К субъективным показателям относят ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения.

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Электрический ток. Электрические установки (компьютер, принтер, оборудование для анализа проб, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.) представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает [82]: термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается произвольными судорожными сокращениями мышц).

Поражение электрическим током или электрической дугой может произойти в случае, если произошло прикосновение к токоведущим частям

установки или ошибочным действием выполнения работ или прикосновением к двум точкам земли, имеющим разные потенциалы и др. Опасным напряжением для человека, является 42 В, а опасным током - 0,01 А [72]. По опасности поражения электрическим током помещения с ЭВМ и лаборатория относятся к категории без повышенной опасности. В этих помещениях отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (высокая влажность и температура, токопроводящая пыль и полы, химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования). Помещения без повышенной опасности-сухие, не жаркие, с токонепроводящим полом (деревянное покрытие), а также помещения с небольшим количеством металлических предметов, конструкций, машин или с коэффициентом заполнения площади $k < 0,2$ (т. е. отношением площади, занятой металлическими предметами, к площади всего помещения). Влажность атмосферного воздуха 45%, температура $+28^{\circ}\text{C}$.

Пожароопасность. Возможные источники пожарной опасности: неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях, короткое замыкание. В современных ЭВМ очень высока плотность размещения элементов электронных схем. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, которое сопровождается искрением. В результате возникновения пожара или взрыва, человек подвергается воздействию токсичных продуктов горения, огня и лучистых потоков, дыма (воздействует на слизистые оболочки), недостаток кислорода, вызывающий ухудшение двигательной функции, ранение осколками, химические ожоги, отравления. Пожарная безопасность является важной составной частью безопасности, представляющая собой единый комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению пожаров и в лабораторных и камеральных условиях.

Отклонение показателей микроклимата в помещении.

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье, так и надежность работы ЭВМ. Их отклонение может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами, и общей работоспособности организма. В помещениях на микроклимат больше всего влияют источники теплоты. К ним относятся вычислительное оборудование, микроволновая печь для разложения почв, приборы освещения (лампы накаливания, солнечная радиация). В таблице 18 отражены параметры микроклимата в теплый период года для помещений, в которых осуществлялись лабораторные и камеральные работы и установлены компьютеры.

Таблица 18 – Параметры микроклимата для лабораторий и учебных аудиторий [84]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 °С
	Относительная влажность воздуха	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Электромагнитное излучение. Источниками электромагнитных полей на рабочем месте могут быть: монитор; системный блок персонального компьютера, электрооборудование. Переменное электромагнитное поле имеет электрическую и магнитную составляющие, поэтому контроль проводится раздельно по двум показателям: напряженность электрического поля (Е), в В/м (Вольт-на-метр); индукция магнитного поля (В), в нТл (наноТесла).

Измерение и оценка этих параметров выполняются в двух частотных диапазонах: диапазон № I (от 5 Гц до 2 кГц); диапазон № II (от 2 кГц до 400

кГц) (таблица 19).

Электростатическое поле характеризуется напряженностью электростатического поля (E), в кВ/м (килоВольт-на-метр).

Таблица 19 – Санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах [85]

Параметр	Частота	Санитарная норма
Фоновый уровень индукции магнитного поля промышленной частоты (B)	50 Гц	5 мкТл
Фоновый уровень напряженности электрического поля промышленный участок (E)	50 Гц	500 В/м
Напряженность электрического поля (E)	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	2,5В/м
Напряженность электростатического поля (E)	0 Гц	15 кВ/м
Индукция магнитного поля (B)	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл

При постоянной не защищенной работе с ПК происходит воздействие на нервную систему, ухудшается зрение и падает иммунитет.

Недостаточная освещённость. Согласно ГОСТ 12.0.003.-86 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Движение в грозу при полевых работах необходимо немедленно прекратить. Металлические предметы необходимо оставить. На равнине нельзя во время грозы стоять у отдельных деревьев, в них может попасть молния. Элементарными средствами защиты от электрического тока, который проходит по проводам – это избежание маршрутов отбора проб под ними.

Профилактика воздействия факторов микроклимата при проведении полевых работ на здоровье человека заключается в том, что необходимо выбирать одежду по погодным условиям для того, чтобы избежать переохлаждения или нагревания человека, а также при себе в аптечке обязательно должны быть противовоспалительные и обезболивающие средства. Для регулирования микроклимата в помещениях используются увлажнители и осушители воздуха, вентиляторы и кондиционеры, а также отопление.

К работе с электроустановками должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью и выполняемой работой. Перед началом работы на электроприборе рабочий персонал должен убедиться в исправности оборудования, проверить наличие заземления, при работе с электроустановками необходимо на пол постелить изолирующий коврик [77]. Защита от электрического тока подразделяется: защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, ограждения, блокировка, пониженные напряжения, сигнализация, знаки безопасности и плакаты); защиты от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита). Согласно [86], помещения, где размещаются рабочие места с ЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей

и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ. Во избежание несчастных случаев от действия электрического тока применяются основные правила безопасного пользования электроэнергией:

1. Не устраиваются временные электропроводки;
2. Не пользуются самодельными электронагревательными приборами, инструментом;
3. Постоянно следят за исправным состоянием электропроводки, распределительных щитков, выключателей, ламповых патронов, а также шнуров, при помощи которых электроприборы включаются в электросеть;
4. Замену ламп производят только при отключении выключателя.

Одним из распространенных средств защиты от статического электричества является уменьшение генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала, что достигается [86]: 1) заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования; 2) увеличением поверхностей и объемной проводимости диэлектриков; 3) установкой нейтрализаторов статического электричества. Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65%.

Мероприятия по пожарной профилактике: выявление и устранение неполадок в сети, своевременный ремонт либо замена электрооборудования, скрытие электропроводки для уменьшения вероятности короткого замыкания; в качестве первичных средств пожаротушения в помещении имеется углекислотный огнетушитель ОУ-8 [84]. В исследуемых помещениях обеспечены следующие средства противопожарной защиты: план эвакуации людей при пожаре; для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции; установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчики - сигнализаторы типа ДТП) [76]. К средствам индивидуальной защиты при пожаре относят противогаз, огнезащитные накидки, пожарные костюмы, противогазоаэрозольный

респиратор.

Для защиты организма от негативного воздействия электромагнитного излучения, необходимо сократить время пребывания в зоне излучения, так же при работе с ПК необходимы защитные экраны, которые помогают существенно снизить негативное воздействие.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры; защитные очки.

Для того чтобы избежать утомляемости при работе необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку, правильно нормировать нагрузки на организм в режиме труда.

Экологическая безопасность

При проведении пробоподготовки почв (просушивание при комнатной температуре, просеивание, отмучивание), а также проведение измерения pH почв из водных вытяжек, проведение атомно-абсорбционного анализа на обнаружение содержания ртути и микроскопическое изучение не влияют на состояние окружающей среды, тем самым являются экологически безопасными.

Специальной утилизации не требуется, сухие почвы утилизируются в мусорную урну.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Нередко, при определенных работах, в лабораториях возникает опасность пожара. Здание, в котором располагается наша рабочая аудитория, по пожарной опасности относится к категории «В» в соответствии с ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"– производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника,

предметы мебели). Пожароопасность рассмотрена в пункте «Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований».

В данном помещении не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателя

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Отбор проб проводится в теплое время года, поэтому норм не предусмотрено, но существуют нормы, по продолжительности рабочего дня.

В статье 94 трудового кодекса Российской Федерации указана продолжительность рабочего дня «Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать: при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов; при 30-часовой рабочей неделе и менее- 6 часов» [89].

Работа в лаборатории

При работе в лаборатории необходимо обеспечение персонала специальными халатами, достаточной проветриваемостью помещения, наличием индивидуальных средств защиты, таких как: перчатки, маска. Так же необходима достаточная освещенность рабочей зоны.

Во время анализа проб почвы основные работы будут проходить при использовании ЭВМ и микроскопов, анализаторов ртути и других приборов, которые регламентируются теми же документами, что и работа за ЭВМ. Специальные и общие требования во время работы за ЭВМ указаны в [84].

Общие требования к организации рабочего места оператора:

1. Рабочие места с ЭВМ по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева.

2. Схемы размещения рабочих мест с ЭВМ должны учитывать расстояния между рабочими столами с видеомониторами, которое должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

3. Оконные проемы в помещениях использования ЭВМ должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

4. Рабочие места с ЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, следует изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

5. При отсутствии подсобных помещений или лаборантских допускается размещение шкафов, сейфов и стеллажей в помещениях непосредственного использования ЭВМ при соблюдении требований к площади помещений и требований, изложенных в настоящем разделе.

6. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей характера выполняемой работы.

7. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно - плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

8. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья.

9. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

10. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

11. В помещениях с ЭВМ ежедневно должна проводиться влажная уборка.

12. Помещения с ЭВМ должны быть оснащены аптечкой первой помощи и углекислотными огнетушителями.

13. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм;

14. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

15. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

16. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также - расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Конструкция его должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с закругленным передним краем; регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град. и назад до 5 град.; высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм; угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ± 30 градусов; регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм; стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм; регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

17. Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

18. При организации рабочих мест для работы на технологическом оборудовании, в состав которых входят ЭВМ (станки с программным управлением, роботизированные технологические комплексы, гибкое автоматизированное производство, диспетчерские пульта управления и др.), следует предусматривать: пространство по глубине не менее 850 мм с учетом выступающих частей оборудования для нахождения человека-оператора; пространство для стоп глубиной и высотой не менее 150 мм и шириной не менее 530 мм; расположение устройств ввода-вывода информации, обеспечивающее оптимальную видимость экрана; легкую досягаемость органов ручного управления в зоне моторного поля: по высоте - 900 - 1300 мм, по глубине - 400 - 500 мм; расположение экрана ЭВМ в месте рабочей зоны, обеспечивающее удобство зрительного наблюдения в вертикальной плоскости под углом ± 30 градусов от нормальной линии взгляда оператора, возможность поворота экрана ЭВМ вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

19. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края [86].

Общие требования к организации режима труда и отдыха при работе с ЭВМ:

1. Режимы труда и отдыха при работе с ЭВМ должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности.

2. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А - работа по считыванию информации с экрана ЭВМ с предварительным

запросом; группа Б - работа по вводу информации; группа В - творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ЭВМ следует принимать такую, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

3. Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ЭВМ, которые определяются: для группы А - по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б - по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В - по суммарному времени непосредственной работы с ЭВМ за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

4. Для инженеров, обслуживающих учебный процесс в кабинетах (аудиториях) с ЭВМ, продолжительность работы не должна превышать 6 часов в день.

5. Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей, на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы.

6. Продолжительность непрерывной работы за ЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов [84].

Выводы

1. Впервые получены данные по элементному составу почв (28 элементов) островов Крайнего Севера.
2. По расчетам коэффициентов концентрации относительно земной коры выявлены геохимические ассоциации Hg, As, Br, Ag – элементов 1 и 2 класса опасности. По расчетам Кларков концентрации относительно почв Земли – Hg, As, Ag, Na (элементы 1, 2 класса опасности). Превышения данных элементов приводит к необратимым нарушениям в экологической системе и к летальному исходу живых организмов.
3. Среднее содержание ртути в почвах Крайнего Севера составило 109 нг/г, во мхах - 157 нг/г. При этом, стоит отметить, что в половине проб максимальное содержание ртути приходится на наибольшую фракцию, причем доля этой фракции также максимальна. Ртуть в почвах всех исследованных островов наблюдается преимущественно в свободной форме, доля физически сорбированной ртути незначительна.
4. По расчетам суммарного показателя загрязнения о. Большой Цинковый имеет среднюю степень загрязнения, остальные острова – низкую степень загрязнения.
5. Превышения содержаний элементов относительно ПДК выявлены для Cr (в 3–30 раз) и As (от 2–6 раз) на всех островах, за исключением о. Немецкий Кузов Cr и As (элементы 1 класса опасности), они приводят к ухудшению экологической обстановки. Превышений относительно ПДК для ртути нет.
6. Превышение содержания ртути относительно фона наблюдается только для о. Колгуев в 6 раз, остальные превышения незначительные. Содержание ртути во мхах относительно фона превышены в 1-3 раза.
7. Содержания элементов не превышают кларк концентрации в земной коре по Григорьеву, за исключением Ag (в 3 – 7 раз), Br (в 2 – 12 раз) для о. Большой Цинковый, Au (в 7 раз для о. Белый). Содержание редкоземельных элементов в почвах на уровне кларка в земной коре по Гринвуду, Эрншо.

Наблюдаются превышения относительно почв Земли по Виноградову для Ag в 2 раза на о. Большой Цинковый, As в 2 раза на о. Колгуев и о. Белый, Na в 3 раза на о. Немецкий Кузов. Содержания редкоземельных элементов в почвах не превышают содержания для почв Земли по Bowen. Наибольшее значение Кларка концентрации относительно Земной коры и почв Земли для ртути обнаружено для о. Колгуев, наименьшее - для о. Немецкий Кузов.

8. Коэффициент биологического накопления свидетельствует о накоплении ртути растениями из почв, в которых данный элемент присутствует в биодоступных для растений формах.

9. Содержания Cr, Sr, As, Hg в данных пробах находятся в том же диапазоне, что и у других авторов. Значения Ba, Zn, Co ниже данных, полученных другими исследователями.

Список публикаций студента

1. Кудрявцева М. Г. Ртутная нагрузка на компоненты природной среды севера Ненецкого автономного округа / М. Г. Кудрявцева, Н. А. Осипова, Е. Е. Ляпина // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 1. — С. 759-761.
2. Кудрявцева М. Г. Ртутная нагрузка на компоненты природной среды севера Ненецкого автономного округа / М. Г. Кудрявцева, Н. А. Осипова, Е. Е. Ляпина // Творчество юных - шаг в успешное будущее: Арктика и её освоение: материалы IX Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — С. 355-356.
3. Кудрявцева М. Г. Ртутная нагрузка на компоненты природной среды севера Ненецкого автономного округа и Республики Карелия / М. Г. Кудрявцева, Е. Е. Ляпина Е. Е., Н. А. Осипова // Науки о Земле. Современное состояние: материалы IV Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2017. – С. 123-126.
4. Кудрявцева М. Г. Содержание и особенности накопления ртути в почвах Крайнего Севера / М. Г. Кудрявцева, Е. Е. Ляпина, Н. А. Осипова, А. И. Комаров // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017 — Т. 1. – С. 499-503.
5. Кудрявцева М. Г. Содержание и формы нахождения ртути в почвах Крайнего Севера /М. Г. Кудрявцева, Е. Е. Ляпина, Н. А. Осипова // Двенадцатое Сибирское совещание и школа молодых ученых по климатоло-

экологическому мониторингу: Тезисы докладов российской конференции. – Томск, 2017. – С. 148-149.

Список использованных источников литературы

6. Аношин Г.Н. и др. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири / Г. Н. Аношин, И. Н. Маликова, С. И. Ковалев // Химия в интересах устойчивого развития. – 1995. – № 1-2. – С. 69-111.

7. Арктический форум в Архангельске [Электронный ресурс] / Международный арктический форум. – Электронные данные. – Архангельск, 2017. – Режим доступа: <http://forumarctica.ru/news/arkticheskij-forum-v-arhangelske-sobral-na-svoej-ploshhadke-bolee-2400-uchastnikov-iz-raznyh-stran/>, свободный. Дата обращения: 24.03.17.

8. Безносиков, В. А. Пространственное и профильное распределение ртути в почвах естественных ландшафтов [Текст] / В. А. Безносиков, Е. Д. Лодыгин, А. Н. Низовцев // Вестник Санкт – Петербургского университета. – 2013. – №1. – С. 94-101.

9. Беляева, А.М. Вертикальное распределение химических элементов в разрезе верхового торфа водосбора реки Малая Ича. /А. М. Беляева // Проблемы геологии и освоения недр. Труды девятого международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 60-летию Победы советского народа над фашизмом в Великой Отечественной войне 1941 - 1945 гг. – Томск, 2005. – С. 9-11.

10. Боярский, П. В. Вайгач. Остров арктических богов. Серия «Острова и архипелаги Российской Арктики»: монография / П. В. Боярский; Изд-во «Паулсен». – Москва, 2011. – 576 с.

11. Бурдин Н. В. Технологии извлечения золота и техногенной ртути с точки зрения экологии и здравоохранения / Н. В. Бурдин, В.В. Гребенникова, В.И. Лебедев // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12 (часть 3) – С. 37-39.

12. Буренков, Э.К. Эколого-геохимические проблемы ртути [Текст]/Э. К. Буренков, Е. П. Янин. – Москва: Сборник научных статей РАН. Институт

минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, ИМГРЭ, 2000. – 181 с.

13. Бухта Лямчина. Часть 1: Большой Цинковый, или Малый Вайгач [Электронный ресурс] / Главное – Живой Журнал. – Электронный журнал. – Москва, 2011. – Режим доступа: <https://varandej.livejournal.com/884861.html>, свободный. Дата обращения: 04.05.18.

14. Василевич, Р.С. Ртуть в фоновых и техногенных ландшафтах Европейского северо-востока России [Текст] / Р.С. Василевич, М. И. Василевич // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: сб. трудов. – Новосибирск, 2015. – С. 74-78.

15. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах [Текст] / А. П. Виноградов. – Москва: Изд-во АН СССР, 1957. – 235 с.

16. Вишневая, Ю. С. и др. Оценка экологического состояния и степени загрязнения тяжелыми металлами почв Арктики / Ю. С. Вишневая, Л. Ф. Попова // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. – 2016. – №2. – С. 96-104.

17. Водяницкий, Ю. Н. Содержание лантанидов (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm) и актинидов (Th, U) в почвах Хибинско-Ловозерской провинции [Текст] / Ю. Н. Водяницкий, Н. В. Косарева, А. Т. Савичев // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2010. – С. 75-86.

18. Ганеев, А.А. Прямое определение элементов в пробах сложного состава методом зеемановской атомно-абсорбционной спектроскопии с высокочастотной модуляцией поляризации / А. А. Ганеев, С.Е. Погарев, В.В. Рыжов, С.Е. Шолупов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1999. – № 4 (65). – С. 14-23.

19. Горький, А. В. Загрязнение ртутью почвогрунтов Санкт-Петербурга / А.В. Горький, Е. А. Петрова // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва, 7-9 сентября 2010г.). – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 183-187.

20. Григорьев, Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н. А. Григорьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.
21. Гринвуд, Н.Н. Химия элементов [Текст]/ Н.Н. Гринвуд, А. Эрншо. – Москва: Бином, 2008. – 666 с.
22. Демешкин, А. С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения российского угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген [Текст] автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. географ. наук /Демешкин Андрей Сергеевич; Российский государственный гидрометеорологический университет. – Санкт - Петербург, 2015. – 181 с.
23. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии: учебник для студ. ВУЗов / В. В. Добровольский. – Москва: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
24. Дорожукова С.Л. и др. Природные уровни ртути в некоторых типах почв нефтегазоносных районов Тюменской области / С. Л. Дорожукова, Е. П. Янин, А. А. Волох // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2000. – №1. – С. 157-161.
25. Ермаков, В.В. Биогенная миграция и детоксикация ртути / В. В. Ермаков // Материалы международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»: сб. трудов. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 5-14.
26. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Книга 5. Справочник. / В. В. Иванов. – Москва: Недра, 1997. 576 с.
27. Исследование состава вещества ядерно-физическими методами [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное учреждение Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова. – Электронные данные. Режим доступа: <http://nrd.pnpi.spb.ru/nr2/naa.html>, свободный. Дата обращения: 10.05.18.

28. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – Москва: Мир, 1989. – 440 с.
29. Кушников А. Тяжелые металлы [Электронный ресурс] / А. Кушников. – Электронные данные. – 2017. Режим доступа: <http://docplayer.ru/33094181-4-3-2-tyazhelye-matally-coderzhanie-emissiya-tehnogennoe-rasseivanie-elementov-i-potoki-v-arktiku.html>, дата обращения (17. 04. 18)
30. Лапердина, Т.Г. Определение ртути в природных водах / Т. Г. Лапердина. – Новосибирск: Наука, 2000. – 222 с.
31. Лаптева, Е. М. и др. Ландшафтно-биогеографические аспекты аккумуляции и миграции тяжелых металлов в почвах Арктики и Субарктики европейского Северо-востока / Е. М. Лаптева, Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.В. Шамрикова, Ю.В. Холопов // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2015. – №3 (23). – С. 47-60.
32. Ляпина, Е. Е. Экогеохимия ртути в природных средах Томского региона [Текст] автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол. – мин. наук / Ляпина Елена Евгеньевна; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН. – Томск, 2012. – 154 с.
33. Маликова И. Н. Подвижные формы ртути в почвах природных и природно - техногенных ландшафтов [Текст] / И. Н. Маликова, Г.Н. Аношин, Ж.О. Бадмаева // Геология и геофизика. – 2011. – №3. – С. 409—425
34. Маликова И. Н. и др. Свинец, кадмий и ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири / И. Н. Маликова, В. Д. Страховенко, Б. Л. Щербов, Ю. И. Маликов, Ж. О. Бадмаева, Л. Д. Иванова // Вестник Томского государственного университета. Серия Науки о Земле (геология, география, метеорология, геодезия). – 2003. – № 3 (V). – С. 176-178.
35. Малиновский Д. Н. и др. Некоторые закономерности фракционирования изотопного состава ртути в биогеохимических реакциях // Материала

международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты». - М.: ГЕОХИ РАН, 2010, с. 56-61.

36. Материалы комплексного экологического обследования территории, обосновывающего придание ей статуса особо охраняемой природной территории регионального значения — государственного природного заказника «Колгуевский». – СПб, 2014. 43 с.

37. Межибор, А. М. и др. «Зелёные контролёры» загрязнения воздуха / А. М. Межибор, Т. С. Большунова // Молодой ученый. — 2015. — №12. — С. 103-108.

38. Московченко, Д. В. Геохимия арктических ландшафтов / Д. В. Московченко // Материалы III международной школы-семинара для молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах»: сб. трдов. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2018. – С. 106-117.

39. Мотузова, Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г. В. Мотузова. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 168 с.

40. Национальные и международные приоритеты в Арктике [Текст] / Данилов А.И., Дмитриев В.Г., Кочемасов Ю.В. и др. – СПб: ААНИИ, 2008. – 72 с.

41. Немецкий и Русский Кузова [Электронный ресурс] /Solovki Энциклопедия. – Электронные данные. – Петрозаводск, 2001. – Режим доступа: http://www.solovki.ca/geography_05/kuzova_islands/kuzova_islands.php, свободный. Дата обращения: 04.05.18.

42. Никонов В.В. и др. Рассеянные элементы в Al-Fe-гумусовых подзолистых почвах / В. В. Никонов, Н. В. Лукина, М. В. Фронтасьева // Почвоведение. – 1997. – №11. – С. 1319-1331.

43. Овсебян, А. Э. Распределение, миграция и трансформация ртути в устьевой области р. Северная Двина [Текст] автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. географ. наук / Овсебян Яна Эмильевна; Кафедра физической

географии, экологии и охраны природы геолого-географического факультета Южного федерального университета. – Ростов-на-Дону, 2007. – 26 с.

44. Опекунова М. Г. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа / М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, С. Ю. Кукушкин, И. Ю. Арестова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2007. – №1. – С. 124-127.

45. Остров Белый (Карское море) [Электронный ресурс] / А. Иванов. – Электронные данные. – Москва, 2017. – Режим доступа: <https://vulkan-avia.livejournal.com/128041.html>, свободный. Дата обращения: 04.05.18.

46. Остров Колгуев [Электронный ресурс] / В. Сайко. – Электронные данные. – Все об островах мира, 2014. – Режим доступа: <http://ostrov-mira.ru/ostrov-kolguev/>, свободный. Дата обращения: 04.05.18.

47. Павлович, С. А. Магнитная восприимчивость организмов / С. А. Павлович. – Минск: Наука и техника, 1985.— 110 с.

48. Панкратов, Ф. Ф. Динамика атмосферной ртути в российской Арктике по результатам долговременного мониторинга: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. географ. наук / Панкратов Фидель Федорович; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение «Гайфун». – Москва, 2014. – 143 с.

49. Питиримов, П. В. Распределение ртути в почвах Санкт-Петербургского государственного университета [Текст] / П. В. Питиримов // Материалы XIV молодежной научной конференции «Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России». – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. – С. 238-241.

50. Питиримов, П. В. Ртуть в почвах на территории исторической части СПбГУ [Текст] / П. В. Питиримов // Вестник СПбГУ. – 2014. – 1. С.59-61.

51. Попова Л. Ф. Экологическое нормирование содержания тяжелых металлов в почвах Архангельской промышленной агломерации / Л. Ф. Попова // Науки о Земле. – 2012. – №1. – С. 42-47.
52. Пробоподготовка в РЭМ [Электронный ресурс] / База данных по материаловедению. Материалы XXI века. – Электронные данные. Режим доступа: <http://www.ism-data.misis.ru/index.php/programme-rem?start=1> , свободный. Дата обращения 10.05.18.
53. Саэт, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с
54. Сивцева, Н. Е. и др. Экологическая оценка состояния территории г. Якутска по суммарному показателю загрязнения почвенного покрова / Н. Е. Сивцева, Я. Б. Легостаева, В. С. Макаров, Н. Ф. Васильев // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2011. – №2. – С. 30-35.
55. Скугорева, С.Г., Ашихмина, Т.Я. Содержание ртути в компонентах природной среды на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината [Текст]/ С.Г.Скугорева, Т.Я.Ашихмина // Известия Коми научного центра Уро РАН. – 2012. – № 3(11).
56. Страховенко, В.Д. Сравнительный анализ распределения ртути в озерных системах различных регионов Сибири [Текст] / В.Д. Страховенко, Б. Л. Щербов, И. Н. Маликова // Ртуть в биосфере: сб. трудов. - М.: ГЕОХИ РАН, 2010. - С. 236-241.
57. Сульфид ртути (II) [Электронный ресурс] / Pancratova.ru. – Электронные данные. – 2017. – Режим доступа: [http://pancratova.ru/vto90doehihrykl95/Сульфид_ртути_\(II\)](http://pancratova.ru/vto90doehihrykl95/Сульфид_ртути_(II)) , свободный. Дата обращения: 17.03.17.
58. Сысо, А. И. и др. Элементный состав почв и растений Западного Таймыра / А. И. Сысо, Л. А. Колпащиков, Ю. В. Ермолов, А. С. Черевко, Т. И. Сиромля // Сибирский экологический журнал. – 2014. – №6. – С. 855-862.

59. Тацкий, Ю.Г. Метод термодесорбции как способ определения твердофазных форм ртути. Реальные возможности [Текст] / Ю. Г. Тацкий // Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»: сб. трудов. – Москва, 2010. – С. 31-37.
60. Томашунас, В.М. и др. Содержание тяжелых металлов в почвах полуострова Ямал и острова Белый / В. М. Томашунас, Е. В. Абакумов // Гигиена и Санитария. – 2014. – №6. – С. 26-31.
61. Удоенко, Ю.Г. Накопление и распределение ртути в почвах и педобионтах заповедных территорий (на примере воронежского и окского заповедников) автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук / Удоенко Юрий Геннадьевич; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2014. – 158 с.
62. Уровень загрязнения ртутью в Арктике будет расти с оттаиванием вечной мерзлоты [Электронный ресурс] / BarentsoObserver. – Электронные данные. – 2015. – Режим доступа: <http://barentsoobserver.com/ru/priroda/2015/10/uroven-zagryazneniya-rtutyu-v-arktike-budet-rasti-s-otaiivaniem-vechnoy-merzloty-14>, свободный. Дата обращения: 17.03.17.
63. Хлорид ртути [Электронный ресурс] / Академик: словари и энциклопедии. – Электронные данные. – 2010. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1483463>, свободный. Дата обращения: 17.03.17.
64. Шевченко, В. П. Элементный состав мхов и лишайников о-ва Вайгач как индикатор выпадения вещества из атмосферы / В. П. Шевченко, Н. В. Политова, Н. А. Айбулатов // Арктика и Антарктида. – 2004. – С. 228-238.
65. Экспериментальные исследования диффузионной и фильтрационной миграции подвижных форм ртути / Ю. В. Алехин, Н. В. Ковальская, С. А. Лапицкий. – Электронный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН». – 2003. – Режим доступа к журналу:

http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/geoecol-1.pdf , дата обращения (05. 04. 18)

66. Язиков Е. Г. Оценка эколого - геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.

67. Язиков, Е.Г. Минералогия техногенных образований / Е. Г, Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 160 с.

68. Bowen H. J. M. Environmental chemistry of elements. N.Y.: Acad. Press, 1979. 333 p.

69. Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soils by Trace Metals. Nature, 1988. 134-199.

70. Pacyna, J., Van der Most, P., Hobson, M., Wieser, M., Müller, B., Duval, L., Spezzano, P., Lotz, T., Kakareka, S., 2002. Combustion and Industry Expert Panel workshop. European Joint Research Centre (JRC), Ispra.

Нормативные акты

71. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

72. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

73. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ, 2008.

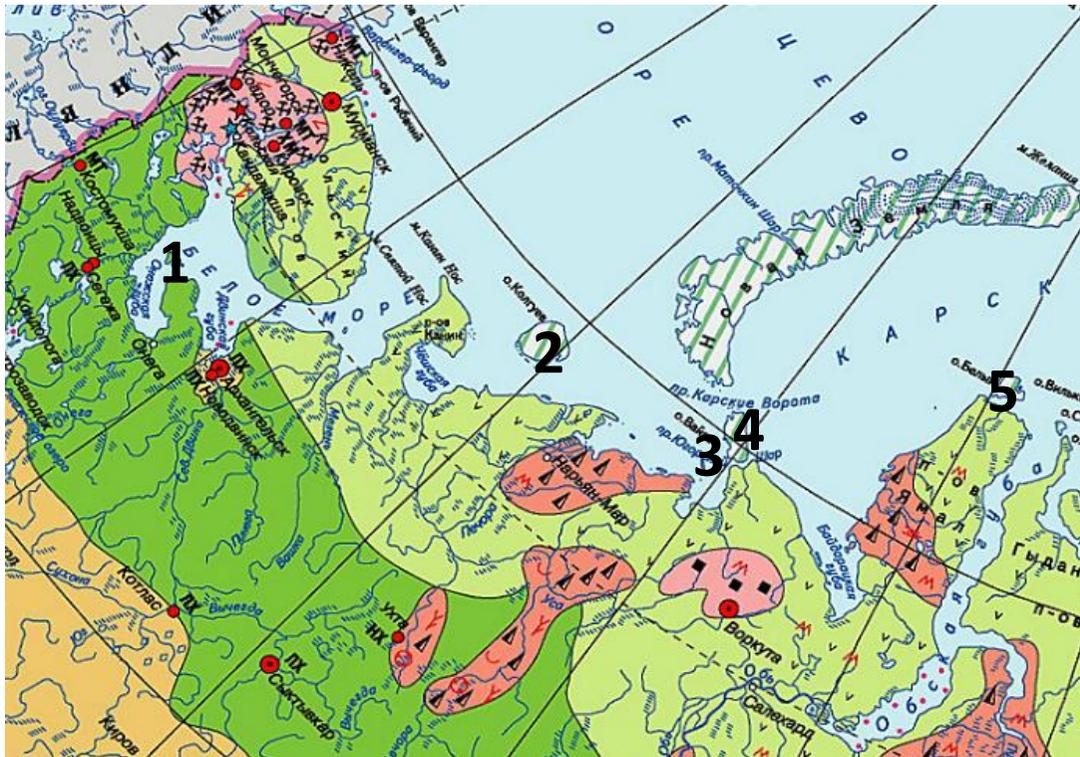
74. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Москва: Стандартинформ, 2008.

75. ГОСТ 26423-85 «Методы определения электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки». Москва: Стандартинформ, 2011.
76. ГОСТ 12.1.004-91.ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2006.
77. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Москва: Стандартинформ, 2010.
78. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Москва: Стандартинформ, 2006.
79. Методика М 01-42-2006 ПНД Ф 14.1:2:4.243-07 Определение массовой концентрации ртути в пробах природных, питьевых, поверхностных, морских и очищенных сточных вод.
80. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
81. Методические указания для выполнения раздела ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» / М. Р. Цибулькинова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 17 с.
82. МУ 2.1.7.730-99. «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».
83. Патент 2133487 Российская Федерация, МПК 7 G01V9/00, G01V3/00, G01N27/76. Способ определения техногенной загрязненности снегового покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель) [Текст] / Язиков Е.Г., Миков О.А.; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. - № 2176406; заявл. 17.01.2000; опубл. 27.11.2001, Бюл. №10.
84. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

85. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
86. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003
87. Сборник укрупненных сметных норм на геологоразведочные работы, выпуск 7 - "Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород). - М.: ВИЭМС, 1992. - с.320.
88. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2. Геолого-экологические работы. (ВНИИ экономики минерального сырья и геолого-разведочных работ (ВИЭМС). - М.: ВИЭМС, 1992. - с.170.
89. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016), ст.94.
90. Федеральный Закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).

Приложения А (обязательное)

Карта – схема расположения островов Крайнего Севера с промышленными предприятиями



- Условные обозначения:**
- Нефте- и газопромыслы;
 - Рудники;
 - горно – промышленный комплекс (горно-добывающие предприятия с горно – обогатительными и горно – металлургическими комбинатами, промышленными центрами а аграрным комплексом)
 - лесохозяйственный район;
 - пастбища;
 - АЭС;
 - ГЭС;
 - крупные промышленные центры с разнообразными экологически опасными производствами (ТЭЦ, транспорт, металлургическое производство, химические предприятия)
 - прочие промышленные центры с особо экологически опасными производствами:
- МТ – металлургическими;
ХМ – химическими;
ЛХ – лесохимическими;
НХ – нефтехимическими;

- 1 – о. немецкий Кузов,
2 – о. Колгуев,
3 – о. Большой Цинковый,
4 – о. Вайгач,
5 – о. Белый

Рис. А. 1

Приложения В (рекомендуемое)

Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг в поверхностном слое почв Арктики

Таблица В. 1

№ п/п	Место отбора	Химический элемент							
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As
1	о. Гольфстрим	25,0±1,2	64,9±3,2	34,7±1,7	31,7±1,6	12,9±0,6	355,9±17,8	100,7±5,0	6,0±0,3
2	м. Желания	25,0±1,2	94,0±4,7	51,0±2,6	51,0±2,6	17,0±0,9	443,8±22,2	162,0±8,1	6,0±0,3
3	Русская гавань, Новая земля	30,0±1,5	69,0±3,5	41,2±2,1	40,0±2,0	17,6±0,9	679,2±34,9	139,9±7,0	7,2±0,4
4	Бухта Тихая, Земля Франца Иосифа	25,0±1,2	77,0±3,9	41,0±2,1	42,0±2,1	27,0±1,4	363,2±18,2	122,0±6,1	6,0±0,3
5	о. Колгуев, точка 1	25,0±1,2	22,1±1,1	20,0±1,0	11,5±0,6	21,6±1,1	377,1±18,9	27,5±1,4	6,0±0,3
6	о. Колгуев, точка 2	20,0±1,0	53,0±2,7	26,0±1,3	25,0±1,2	17,0±0,9	558,7±27,9	65,8±3,3	4,8±0,2
7	м. Канин Нос	30,0±1,5	12,0±0,6	24,0±1,2	12,4±0,6	92,8±4,6	833,4±41,7	18,4±0,9	7,2±0,4
8	м. Зимнегорский	40,0±2,0	127,6±6,4	44,0±2,2	39,2±2,0	23,2±1,2	891,0±44,6	105,6±5,3	9,6±0,5
9	Соловки	30,0±1,5	12,0±0,6	24,0±1,2	12,5±0,6	26,9±1,3	181,8±9,1	12,0±0,6	7,6±0,4
10	Летняя Золотица	32,5±1,6	13,6±0,7	26,0±1,3	13,6±0,7	41,9±2,1	217,5±10,9	13,9±0,7	7,8±0,4
11	о. Кузова	25,0±1,2	94,0±4,7	58,0±2,9	62,0±3,1	10,0±0,5	1454,5±72,7	40,0±2,0	6,0±0,3

Продолжение таблицы В. 1

№ п/п	Место отбора	Химический элемент							
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As
12	о. Сосновец	108,6±5,4	544,8±27,2	90,0±4,5	49,5±2,5	59,4±3,0	373,2±18,7	45,0±2,3	27,0±1,4
ПДК (МУ 2.1.7.730-99)		32,0	87,0	53,0	85,0	50,0	1500,0	150,0	2,0
Кларк в почве*		10,0	50,0	20,0	40,0	8,0	850,0	100,0	5,0
ОДК (ГН 2.1.7.2511-09)		32,0	55,0	33,0	20,0	н/д	н/д	н/д	2,0

Приложения Г (рекомендуемое)

Коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c)

№ п/п	Коэффициент концентрации (K_c)								Z_c
	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V	As	
1	2,5	1,3	1,7	0,8	1,6	0,4	1,0	1,2	2,1
2	2,5	1,9	2,6	1,3	2,1	0,5	1,6	1,2	2,2
3	3,0	1,4	2,1	1,0	2,2	0,8	1,4	1,4	2,3
4	2,5	1,5	2,1	1,1	3,4	0,4	1,2	1,2	2,3
5	2,5	0,4	1,0	0,3	2,7	0,4	0,3	1,2	3,7
6	2,0	1,1	1,3	0,6	2,1	0,7	0,7	1,0	2,2
7	3,0	0,2	1,2	0,3	11,6	1,0	0,2	1,4	5,7
8	4,0	2,6	2,2	1,0	2,9	1,1	1,1	1,9	2,9
9	3,0	0,2	1,2	0,3	3,4	0,2	0,1	1,5	3,0
10	3,3	0,2	1,3	0,3	5,2	0,3	0,1	1,6	3,8
11	2,5	1,9	2,9	1,6	1,3	1,7	0,4	1,2	2,2
12	10,9	10,9	4,5	1,2	7,4	0,4	0,5	5,4	8,1

Рис. Г. 1

Приложения Д (рекомендуемое)

Среднее содержание ртути в органогенных горизонтах почв Республики Коми (P = 0,95)

Таблица Д. 1

Тип почвы	Зона тайги	Среднее значение массовой доли ртути, $\bar{\omega}$ (Hg), мкг/кг	Стандартное отклонение среднего, $S(\bar{\omega})$, мкг/кг	Диапазон значений, $(\omega_{\min} \div \omega_{\max})$, мкг/кг	Число измерений, N	Отношение к кларку
Дерново-подзолистые	южная	80	13	64–98	7	0,96
Типичные подзолистые	средняя	200	40	140–280	15	2,41
Глееподзолистые	северная	260	26	230–320	12	3,13
	крайнесеверная	220	40	150–270	14	2,65
Подзолы	южная	90	15	60–120	13	1,13
	средняя	90	16	70–125	11	1,13
	северная	80	27	32–112	24	1,01
	крайнесеверная	60	16	38–80	12	0,73
Торфянисто-подзолисто-глееватые иллювиально-гумусовые	южная	180	40	130–220	11	2,17
	средняя	160	40	106–230	9	1,93
	северная	160	40	90–240	8	1,93
	крайнесеверная	150	16	120–180	6	1,81
Торфяно-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые	южная	150	22	103–180	12	1,81
	средняя	140	27	100–170	8	1,69
	северная	121	25	103–145	10	1,46

Продолжение таблицы Д. 1

Торфянисто-подзолисто-глееватые	южная	210	50	120–310	57	2,53
	средняя	200	40	140–260	17	2,41
	северная	190	40	150–240	30	2,29
	крайнесеверная	190	30	115–260	38	2,29
Торфяно-подзолисто-глеевые	южная	190	40	130–250	27	2,29
	средняя	180	25	160–220	14	2,17
	северная	170	30	120–220	14	2,05
	крайнесеверная	160	30	114–230	12	1,93
Болотные торфяные	средняя	130	5	120–140	14	1,57
	северная	100	11	65–140	12	1,20
	крайнесеверная	70	4	54–80	9	0,84
Аллювиальные дерновые	южная	30	17	3–69	15	0,39
	средняя	24	23	9–83	34	0,29
	северная	24	11	9–47	17	0,29
	крайнесеверная	12	1	10–14	12	0,14
Дерново-карбонатные	северная	40	14	40–80	6	0,48